Б.П. ДАНИЛЕНКО
И.И. МАНКЕВИЧ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

Отечественные и зарубежные магнитофоны:

СХЕМЫ, РЕМОНТ

Б. П. ДАНИЛЕНКО
И. И. МАНКЕВИЧ

Отечественные и зарубежные магнитофоны: схемы, ремонт

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



МИНСК «БЕЛАРУСЬ» 1994

ББК 32.871-5-08я2
Д18
УДК 681.846.7.004.67(035.5)

Д $\frac{6810846070-024}{М301(03)-94}$ 38—94

ISBN 5-338-00998-6

ВВЕДЕНИЕ

Аппаратура магнитной записи и воспроизведения звука занимает одно из первых мест среди бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Это объясняется возможностью длительного хранения различной информации, записанной на магнитную ленту, и многократным ее использованием. Причем достоверность информации даже при многократном пользовании ею остается достаточно высокой. Поэтому магнитофоны могут быть применены не только для записи музыкальных и речевых программ, но и в качестве накопителей на магнитной ленте для бытовых компьютеров с малым объемом оперативной памяти.

Характерными для последнего времени являются разработка и выпуск новых марок магнитофонов с применением более совершенных магнитных головок и лент, позволяющих значительно повысить качество записи и воспроизведения магнитофонов различных групп сложности. Кроме того, в эксплуатации у населения имеется большое количество магнитофонов иностранных марок и их число постоянно увеличивается. Отсутствие электрических схем для зарубежных магнитофонов затрудняет их ремонт и регулировку.

Целью данного издания является ознакомление широкого круга читателей с принципами построения схем магнитофонов, путями повышения качества их работы.

Пособие содержит описание электрических схем магнитофонов отечественного и зарубежного производства, рекомендации по их ремонту, настройке и измерению основных параметров.

В книге приведен обширный справочный материал по транзисторам и микросхемам отечественного и зарубежного производства, их цоколевке и схемам включения.

Глава 1

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Под магнитной записью звука понимают процесс создания остаточной намагниченности в звуконосителе, движущемся с постоянной скоростью мимо записывающей головки. Остаточная намагниченность должна представлять собой точную копию записываемых акустических процессов. Носитель может быть выполнен в виде проволоки, пленки, ленты, граммофонной пластинки или манжеты.

При продольном протягивании звуконосителя запись осуществляется на боковую поверхность. При использовании дискового носителя звуковая дорожка может лежать либо в опрессованной канавке, либо на гладкой поверхности диска. Естественно, что диск должен вращаться с постоянной угловой скоростью. Наконец, след может наноситься на широкую ленту перпендикулярно или под некоторым углом к направлению движения носителя. В этом случае должно быть по меньшей мере две записывающие головки.

В современных устройствах магнитной записи звука наибольшее распространение получил звуконоситель в виде магнитной ленты, движущейся с постоянной скоростью мимо записывающей головки. Поэтому процесс записи будет рассмотрен применительно к звуконосителю именно такого типа.

Воспроизведение магнитной записи осуществляется путем обратного преобразования, но в этом случае звуконоситель перемещается мимо воспроизводящей головки с той же скоростью, что и при записи. Поскольку величина остаточной намагниченности изменяется вдоль ленты в соответствии с записанным звуком, то аналогично изменяется и величина магнитного потока в сердечнике воспроизводящей головки. Изменение магнитного потока вызывает ЭДС в обмотке воспроизводящей головки.

Несомненным достоинством аппаратов магнитной записи является возможность многократного использования звуконосителей для записи различных программ. Это объясняется способностью магнитной ленты размагничиваться в переменном магнитном поле. Для размагничивания ленты используется стирающая головка, которая освобождает ленту от записи перед записью новой программы.

Таким образом, устройство магнитной записи и воспроизведения звука может быть представлено в виде блока головок (стирающей, записывающей и универсальной), устройства, равномерно протягивающего ленту мимо головок, и электрической части, обеспечивающей стирание, запись и воспроизведение звука. Схема такого устройства представлена на рис. 1.1.

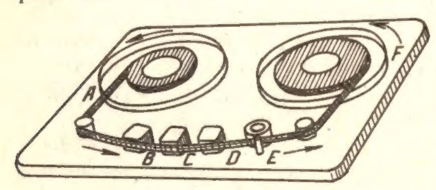


Рис. 1.1. Схематическое изображение устройства магнитной записи и воспроизведения:

A — подающий узел; *B*, *C*, *D* — стирающая, записывающая и воспроизводящая головки, объединенные в блок; *E* — ведущий вал; *F* — подающий узел

Качество магнитной записи и воспроизведения звука обеспечивается качеством всех элементов, входящих в устройство. Поэтому целесообразно рассмотреть основные положения и требования к деталям и узлам.

1.1. МАГНИТНАЯ ЛЕНТА

Конструктивно магнитная лента состоит из основы и нанесенного на нее с одной стороны рабочего слоя. В качестве материала основы используют диацетатцеллюлозу, триацетатцеллюлозу, поливинилхлорид либо полиэтилентерефталат (лавсан). Толщина основы составляет 12...38 мкм. Выбор материала основы и толщины диктуется требованиями на механическую прочность и реакцией на изменение параметров окружающей среды (температура, влажность). По совокупности этих свойств в настоящее время лучшей считается полиэтилентерефталатная. Затем, в порядке ухудшения свойств, следуют поливинилхлоридная, три- и диацетилцеллюлозная.

В качестве рабочего слоя используется магнитный лак, приготовленный на основе порошков гамма-окисла железа, феррита кобальта, двуокиси хрома, чистого железа. Магнитный лак состоит из немагнитного связующего вещества, в котором равномерно распределены магнитные частицы, имеющие размеры от 0,1 мм до 1 мкм. У современных лент магнитные частицы занимают 30...45 % объема магнитного слоя, имеющего толщину 6...16 мкм. Частицы порошка могут быть представлены хаотически расположенными магнитиками. При отсутствии внешних магнитных полей частички находятся в хаотическом состоянии, и их собственные магнитные поля взаимно уничтожают друг друга (рис. 1.2).

Намагничивание рабочего слоя ленты возможно при воздействии на него внешнего магнитного поля. При этом магнитики будут ориентироваться в направлении его воздействия. Чем сильнее воздействующее поле, тем больше будет ориентировано частичек, тем сильнее намагнитится рабочий слой ленты (рис. 1.3). При прекращении воздействия магнитного поля лента остается намагниченной. Создание остаточной намагниченности ленты называют процессом записи и осуществляют при помощи записывающей головки, создающей внешнее магнитное поле, воздействующее на ленту. Чтобы намагниченность ленты была пропорциональна поданному в головку записи сигналу, применяют подмагничивание. Кроме того, подмагничивание уменьшает нелинейные искажения при малых уровнях записываемого сигнала.

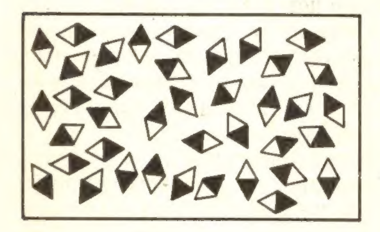


Рис. 1.2. Элементарные магнитики ленты (хаотическое состояние)

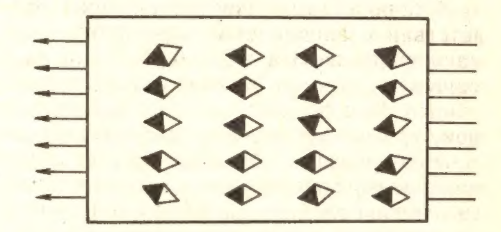


Рис. 1.3. Ориентированное состояние элементарных магнитиков

Различают подмагничивание постоянным и переменным магнитным полем. В современных бытовых магнитофонах используется подмагничи-

вание переменным током, частотой, в несколько раз превышающей максимальную частоту записываемого сигнала.

Магнитные ленты характеризуются рядом параметров, определяющих качество звукозаписи. К ним относятся: оптимальное подмагничивание, чувствительность, неоднородность чувствительности, частотная характеристика, нелинейные искажения, уровень записи при заданных нелинейных искажениях, шум размагниченной ленты, шум в паузе записи, шум намагниченной ленты, копирэффект и другие.

Чувствительность. Это свойство характеризует отношение величины остаточного магнитного потока, получаемого при записи, к низкочастотному полю головки, создаваемому током записи.

Чем чувствительность ленты выше, тем меньший уровень сигнала может быть записан.

Неоднородность чувствительности. Чувствительность ленты должна быть достаточно однородной как в пределах одного рулона, так и у различных рулонов ленты одного типа. Неоднородность чувствительности больше ± 1 дБ обнаруживается на слух как изменение громкости.

Неоднородность чувствительности вызывается неоднородностью толщины рабочего слоя ленты, неравномерностью распределения в нем частиц порошка и неодинаковым качеством рабочего слоя. Большая неоднородность затрудняет оптимизацию тока подмагничивания.

Оптимальное подмагничивание. Оптимальным называют такое подмагничивание, при котором чувствительность магнитной ленты максимальна. Величина оптимального подмагничивания зависит от частоты тока записи. Обычно ее подбирают для сигнала частотой 400 или 1000 Гц. Однако возможно оптимальное подмагничивание и для всего спектра частот записываемого сигнала. В этом случае применяют систему динамического подмагничивания.

Частотная характеристика ленты зависит от ее магнитных свойств, эластичности, толщины, однородности частиц порошка, качества поверхности рабочего слоя и от режима подмагничивания. Она характеризует чувствительность ленты от частоты записываемого сигнала.

Нелинейные искажения, вносимые магнитной лентой, являются основной частью нелинейных искажений, возникающих в канале магнитной записи звука. Величина искажений зависит от магнитных свойств порошка и толщины рабочего слоя, концентрации порошка в нем, режима записи. Чем больше толщина рабочего слоя и концентрация порошка в нем, тем меньше искажения при заданном уровне записи.

Нелинейные искажения определяются также величиной тока подмагничивания. При высокочастотном подмагничивании меньше оптимального рабочий слой по толщине намагничивается неоднородно, и искажения увеличиваются. Увеличение искажений при подмагничивании свыше оптимального вызывается ограничением намагниченности участков ленты, полученной сигналом записи с большим уровнем.

Уровень записи при заданных нелинейных искажениях позволяет судить о перегрузочной способности ленты. Он измеряется относительно страндартного максимального уровня записи.

Шум размагниченной ленты вызывается неоднородностью частиц порошка и неравномерным распределением их в рабочем слое. Кроме того, эти шумы зависят от качества размагничивания ленты.

Относительный уровень шума современных магнитных лент сравнительно мал и составляет — 50... +65 дБ в зависимости от типа ленты и скорости записи и воспроизведения.

Шум ленты, намагниченной постоянным или переменным полем, можно разделить на две составляющие: структурный и контактный.

Структурный шум вызывается неоднородностью рабочего слоя ленты и имеет широкий спектр частот.

Контактный шум вызывается колебаниями ленты у рабочих зазоров головок из-за шероховатости поверхностей магнитных головок и рабочего слоя ленты, ее жесткости и неравномерности трения ленты о направляющие. Этот шум более различим на низких частотах.

Шумом паузы называют шум размагниченной ленты, подвергнутой действию поля подмагничивания, создаваемого головкой записи. При этом шум ленты возрастает на 3...10 дБ по сравнению с шумом предварительно размагниченной.

Это связано с тем, что при действии высокочастотного подмагничивания повышается чувствительность ленты к слабым магнитным полям, и поэтому появляется паразитная намагниченность ленты из-за асимметрии формы тока подмагничивания, магнитного поля Земли, намагниченности деталей лентопротяжного механизма и т. д. Уровень этого шума может быть уменьшен экранированием записывающей головки, размагничиванием ее сердечника, экрана и других деталей лентопротяжного механизма.

Копирэффект возникает в магнитной ленте, свернутой в рулон, когда намагниченные участки ленты намагничивают соседние слои. При воспроизведении такой записи кроме основного сигнала будут слышны также сигналы-копии, воспринимаемые на слух, как эхо. Степень копирэффекта зависит от магнитных свойств ленты.

Для маркировки магнитных лент применяют комбинацию из пяти элементов. Первый элемент — буквенный индекс, обозначающий назначение ленты. Для магнитной звукозаписи применяются ленты с индексом «А». Второй элемент — цифровой индекс от нуля до девяти, обозначающий материал основы: 2 — диацетатцеллюлоза, 3 — триацетатцеллюлоза, 4 — полиэтилентерефталат. Третий элемент — цифровой индекс от нуля до девяти, обозначающий толщину ленты: 2 — 18 мкм, 3 — 27 мкм, 4 — 37 мкм, 6 — 55 мкм, 9 — свыше 100 мкм. Четвертый элемент — цифровой индекс от 0,9 до 99, обозначающий порядковый номер разработки. Пятый элемент — числовое обозначение ширины ленты: 6 — 6,25 мм, 3 — 3,81 мм. После пятого элемента имеется индекс, указывающий на область применения. Для бытовых магнитофонов лента маркируется индексом «Б».

Современная техника магнитной записи и качество магнитных лент позволяют осуществлять четырехдорожечную запись как на лентах шириной 6,25 мм, так и на лентах шириной 3,81 мм. Чтобы ослабить влияние записи одной дорожки на другую, между ними существует участок, свободный от записи. Расположение дорожек записи на ленте шириной 6,25 мм показано на рис. 1.4. Расположение дорожек на лентах кассетных магнитофонов отличается от расположения дорожек на лентах катушечных магнитофонов. Это обусловлено конструкцией стирающей головки, которая при стирании захватывает одновременно две дорожки, расположенные на одной половине ленты (рис. 1.5).

Хранить ленту следует плотно намотанной на стандартную катушку, а наружный конец должен быть закреплен на рулоне специальным зажимом или липкой лентой. Чтобы концы ленты не изнашивались, к ним обычно подклеивают цветную ракордную ленту. Катушку с лентой желательно поместить в полиэтиленовый чехол и держать в заводской упаковке или специальной коробке в вертикальном положении.

Ленту следует оберегать от ударов, вибраций, пыли, от прямого воздействия солнечных лучей и сильных магнитных полей (трансформаторы,

Рис. 1.4. Расположение дорожек на ленте шириной 6,25 мм при четырехдорожечной монофонической и стереофонической записи

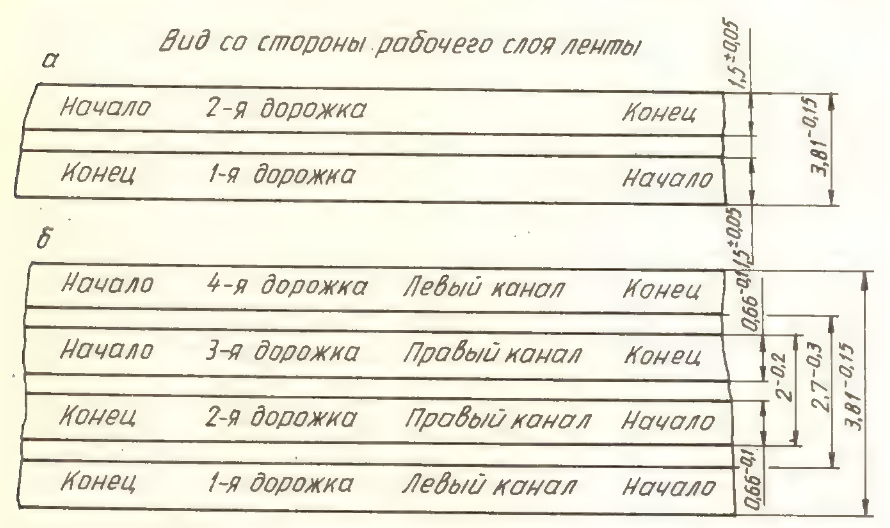


Рис. 1.5. Расположение дорожек на ленте шириной 3,81 мм:
а — двухдорожечная монофоническая запись;
б — четырехдорожечная монофоническая и стереофоническая запись

электродвигатели, головки прямого излучения с мощной магнитной системой и т. д.).

Ленту нельзя хранить в сыром помещении и при температуре свыше +30 °С. Высокая температура приводит к высыханию основы, и лента становится хрупкой, а повышенная влажность приводит к короблению. Пересохшую ленту за 10...15 минут до применения рекомендуется с торцевой стороны слегка протереть влажной тканью. При длительном хранении целесообразно один раз в 6 месяцев перематывать ленту.

1.2. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Магнитные головки (МГ) представляют собой электромагнитные (магнитоэлектрические) преобразователи энергии. Конструктивно они состоят (рис. 1.6) из сердечника *1*, выполняющего функции концентратора маг-

нитного поля, преобразователя *2* в виде индукционной катушки (обмотки) и рабочего зазора *3*, заполненного немагнитным материалом.

В зависимости от требований, предъявляемых к магнитным головкам, они могут быть разделены на записывающие, воспроизводящие, универсальные и стирающие. Несмотря на различное назначение головок, конструктивно они мало чем отличаются друг от друга.

Записывающие головки предназначены для преобразования энергии низкочастотного сигнала в энергию магнитного поля, воздействующего

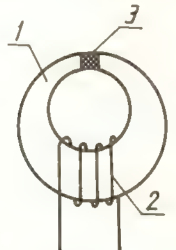


Рис. 1.6. Магнитная головка:
1 — сердечник; *2* — обмотка; *3* — рабочий зазор

на рабочий слой магнитной ленты (МЛ). Так как магнитная проницаемость рабочего зазора $\mu_з$ много меньше магнитной проницаемости сердечника $\mu_с$, то силовые линии магнитного потока в этом месте вспучиваются, создавая узконаправленное магнитное поле, обеспечивая намагничивание МЛ. Степень намагниченности рабочего слоя ленты соответствует уровню записываемых звуковых колебаний.

Воспроизводящие головки обеспечивают обратное преобразование. В них изменение намагниченности рабочего слоя МЛ, движущейся мимо рабочего зазора, преобразуется в колебания тока звуковой частоты.

Стирающие головки реализуют основное достоинство магнитной записи звука, а именно — многократность записи. Они преобразуют подводимые колебания токов высокой частоты от генератора стирания и подмагничивания в переменное магнитное поле, которое при движении МЛ по рабочей поверхности головки сначала намагничивает ее почти до насыщения, а затем размагничивает до нуля.

За время прохождения МЛ мимо рабочего зазора стирающей головки каждый ее участок успевает намагнититься и размагнититься несколько раз. Этим самым достигается почти полное размагничивание (стирание) ленты.

Несмотря на схожесть процессов, происходящих в магнитных головках, они отличаются друг от друга и конструктивно, и требованиями, предъявляемыми к ним. Поэтому целесообразно рассмотреть каждый вид головок в отдельности.

Записывающая магнитная головка — наиболее ответственная часть блока магнитных головок, обеспечивающая качество звукозаписи. Конструктивно она выполнена из двух полуколец, образующих сердечник (магнитопровод) головки. В месте соединения полуколец образуются зазоры. Один из них является рабочей щелью δ_1, ширина которой фиксируется немагнитной прокладкой соответствующей толщины. Сечение в этой части сердечника значительно уменьшается для увеличения магнитного сопротивления рабочей щели. С противоположной стороны образуется задний зазор δ_2 (рис. 1.7).

В процессе записи переменный ток, протекающий в обмотке записывающей головки, создает магнитный поток в сердечнике, намагничиваю-

щий ленту при ее движении над рабочим зазором головки. Это происходит потому, что участок ленты, соприкасающийся с рабочим зазором головки, шунтирует его.

Очевидно, чем плотнее контакт «магнитная лента — рабочий зазор головки», тем больше напряженность намагничивающего поля, а следовательно, и остаточная намагниченность ленты.

Значение остаточной намагниченности зависит также и от уровня записываемого сигнала. Кроме того, происходят своеобразные выбросы,

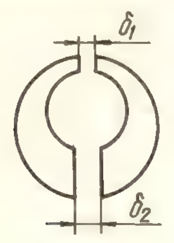


Рис. 1.7. Магнитопровод (сердечник) записывающей головки

которые совместно с толчками тока при включении «Запуск» способны вызвать остаточную намагниченность сердечника головки, повышая уровень шумов в паузе. Введение в сердечник записывающей головки дополнительного заднего зазора значительно уменьшает степень этого явления. Это происходит за счет увеличения общего сопротивления магнитной цепи. Поэтому изменения, вызываемые выбросами тока в обмотке головки, и изменения, вызываемые лентой, меньше влияют на магнитный поток в сердечнике головки при наличии заднего зазора, определяющего сопротивление магнитной цепи.

Во время записи в обмотку записывающей головки одновременно с током записываемого сигнала подается ток подмагничивания, поэтому рабочее поле является суммой полей обоих токов. В магнитофонах бытового назначения применяют высокочастотное подмагничивание, позволяющее получить остаточную намагниченность ленты, пропорциональную току записи. Применение подмагничивания сводит остаточную намагниченность ленты в паузах к нулю, что резко снижает шумы в паузах. Кроме того, уменьшаются и нелинейные искажения записанного сигнала.

Одним из основных параметров записывающей головки является ее чувствительность. Она определяется отношением средней напряженности поля в рабочем зазоре головки к току через ее обмотку. Следует отметить, что увеличение ширины рабочего зазора приводит к увеличению чувствительности головки и ухудшению ее частотной характеристики.

Частотная характеристика записывающей головки при записи с высокочастотным подмагничиванием не связана прямо с шириной рабочего зазора. Однако при выборе малого тока подмагничивания (для лучшей записи верхних частот) при слишком широком зазоре записывающей головки на высоких частотах может наблюдаться явление наложения записей, сделанных магнитными полями краев зазора.

При узком рабочем зазоре будут плохо записываться нижние частоты ввиду плохой «промагничиваемости» рабочего слоя ленты по толщине. Чтобы этого не было, ширину рабочего зазора выбирают не менее 3...5 мкм.

Воспроизводящая головка преобразует колебания магнитного поля ленты в колебания тока звуковой частоты. Главное требование к этим головкам — минимальные потери при преобразовании.

Основными параметрами воспроизводящей головки являются отдача и частотная характеристика.

Отдачей воспроизводящей головки называется напряжение, развиваемое ею в режиме холостого хода при воспроизведении записи максимального уровня. Величина отдачи зависит от магнитных сопротивлений сердечника и рабочего зазора. Чем меньше магнитное сопротивление сердечника, тем больше отдача головки. С этой целью сердечник головки выполняется из материала с большой магнитной проницаемостью и не содержит заднего зазора. Но этих мер недостаточно, чтобы получить максимальную отдачу. В любом случае магнитный поток в головке меньше остаточного магнитного потока ленты. Природа этих потерь волновая, так как величина их зависит от длины волны записанного сигнала. Волновые потери можно разделить на щелевые, контактные и слойные.

Величина щелевых потерь зависит от ширины рабочего зазора головки. Чем меньше ширина его, тем лучше отдача головки в области верхних частот. Более глубокий анализ работы головки позволяет установить, что сигналы с длинной волны, равной ширине рабочего зазора, не воспроизводятся, так как разность магнитных потенциалов между краями зазора равна нулю. Поэтому в магнитофонах применяют воспроизводящие головки, ширина рабочего зазора которых меньше минимальной длины волны рабочего диапазона.

Таким образом, для повышения отдачи в области верхних частот рабочий зазор головки воспроизведения должен быть достаточно узким. Однако при очень узком рабочем зазоре уменьшается отдача головки в области средних и особенно нижних частот. Кроме того, такой зазор трудно выполнить по технологическим причинам. Поэтому ширину рабочего зазора выбирают так, чтобы отдача головки в области верхних частот уменьшалась не более чем на 6 дБ.

Контактные потери возникают в результате плохого контакта головки с магнитной лентой. Если лента не полностью прижата к рабочему зазору, то не весь остаточный поток дорожки замыкается через сердечник головки. Часть потока замыкается в пространстве между лентой и головкой и оказывается потерянной. В области верхних частот это наблюдается особенно четко.

На величину контактных потерь оказывает влияние состояние поверхностей ленты и рабочей части головки. С целью уменьшения указанных потерь поверхности ленты и головки должны быть полированными.

Слойные потери имеют ту же природу, что и контактные. Представим себе, что рабочий слой ленты имеет конечную толщину и разбит на большое число тонких элементарных слоев. Каждый такой слой удален на некоторое расстояние от головки и создает в сердечнике магнитный поток. Величина этого потока при каждом конкретном значении длины волны записи зависит от расстояния элементарного слоя до рабочей поверхности головки. Чем больше это расстояние, тем меньше магнитный поток и меньше отдача головки. Таким образом, на верхних частотах, когда расстояние от слоя до головки становится соизмеримым с длиной волны записи, будут наблюдаться контактные потери. Очевидно, что чем толще рабочий слой ленты, тем больше слойные потери, уменьшающие отдачу в области верхних частот.

Как следует из анализа потерь в воспроизводящей головке, все они оказывают влияние на амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) головки в области верхних частот, уменьшая отдачу.

В настоящее время воспроизводящие головки выпускаются с рабочим зазором порядка 1...5 мкм. Такие головки при использовании лучших современных лент позволяют даже при скорости 4,76 см/с воспроизводить диапазон частот до 20 000 Гц.

Стирающая головка позволяет реализовать основное достоинство маг-

нитофона — многократную запись на магнитную ленту. В функции стирающей головки входят стирание старой записи и размагничивание ленты. С этой целью в головку поступает ток от генератора стирания и подмагничивания (ГСП). Головка преобразует высокочастотные колебания от ГСП в переменное магнитное поле у рабочего зазора. Частота колебаний ГСП выбирается такой, чтобы за время прохождения магнитной ленты по рабочей поверхности головки лента могла перемагнититься несколько раз. В результате этого остаточная намагниченность ленты по выходе ее из поля стирающей головки практически отсутствует, т. е. лента размагничивается. Качество стирания зависит от двух основных условий: 1) полного удаления предыдущих записей и 2) размагничивания магнитной ленты. Выполнение последнего условия особенно важно, так как оно обеспечивает минимальные остаточные шумы.

Универсальная головка осуществляет несколько функций (поочередно или по выбору). Например, запись и воспроизведение или запись и стирание. В современных бытовых магнитофонах универсальные головки выполняют поочередно функции записи и воспроизведения.

Условия работы головки в каждом режиме различны, поэтому выбор параметров универсальной головки приходится делать компромиссным путем. При выборе параметров универсальной головки решающим фактором является необходимость обеспечения оптимального режима воспроизведения. Поэтому ширина рабочего зазора выбирается малой, а обмотка выполняется с большим числом витков.

С целью снижения остаточной намагниченности сердечников и уменьшения уровня шумов в режиме записи в сердечнике головки делают дополнительный зазор шириной 60...100 мкм, хотя это уменьшает отдачу головки в режиме воспроизведения.

В последнее время в магнитофонах первой и высшей группы сложности находят применение *комбинированные головки*. Они позволяют одновременно осуществлять и запись и воспроизведение, сохраняя при этом оптимальные свойства головок записи и воспроизведения.

Устройство магнитных головок примерно одинаково. Отличие между головками различного назначения состоит в выборе материала и формы сердечника, в разном числе витков обмоток, в разной ширине рабочего зазора и в наличии или отсутствии дополнительного заднего зазора.

Наибольшее распространение получили магнитные головки кольцевой системы (см. рис. 1.6) с сердечником в форме тороида. Для уменьшения потерь на вихревые токи сердечник набирается из отдельных изолированных друг от друга пластин толщиной 0,1...0,2 мм. Материалом для пластин сердечника служат пермаллой, феррит, сендаст и аморфный металл. Некоторые характеристики этих материалов приведены в табл. 1.1.

Сравнивая данные, приведенные в табл. 1.1, можно сказать, что лучшим материалом для головок записи по всем магнитным параметрам является сендаст. Из-за низкой индукции насыщения, плохой технологичности и ухудшения свойств в процессе эксплуатации (выкрошивание в зоне зазора, появление микротрещин в сердечнике) менее всего пригодны ферриты.

Для универсальных и воспроизводящих головок наиболее пригодным считается сендаст. При высокой магнитной проницаемости сендаст позволяет обеспечить ширину рабочего зазора 0,8...1,2 мкм с правильной геометрией. На втором месте — монокристаллические ферриты.

Обладая высокими электрическими параметрами, головки из сендаста более износоустойчивы. Ресурс работы головок из сендаста составляет более 5000 ч.

Таблица 1.1. **Материалы для магнитных головок и их эксплуатационный параметр (износостойкость)**

Материал	Износостойкость, мкм/ч	Технологичность
Пермаллой	0,1	Хорошая
Феррит	0,001	Плохая
		Удовлетворительная
Сендаст	0,005	То же
Аморфный металл	0,004	»

Таблица 1.2. **Сравнение параметров магнитных головок с различным материалом сердечников**

Параметры	Аморфный металл	Сендаст	Пермаллой	Феррит
Чувствительность воспроизведения, дБ (315 Гц)	−71	−71	−73	−73
АЧХ воспроизведения (14 кГц и 315 Гц), дБ	+17	+15	+13	+15
Максимальный выходной уровень в области НЧ, дБ	+4	+4	+2	0
Максимальный выходной уровень в области ВЧ, дБ	−1	−2	−4	−6
Коэффициент гармоник, %	1	1	2	5

Для стирающих головок желательно применение комбинированного сердечника. Полюсные наконечники таких головок выполняются из тонких пластин сендаста или твердого пермаллоя в рабочей зоне, а остальная часть сердечника — из марганеццинкового феррита. Однако в настоящее время сердечники стирающих головок выполняются из феррита.

В качестве материала для сердечников записывающих, воспроизводящих и универсальных головок успешно применяется также аморфный металл. В табл. 1.2 приведено сравнение параметров головок, сердечники которых выполнены из различного материала.

Как следует из табл. 1.2, по отдельным параметрам головки из аморфного металла превосходят головки из других материалов. Исключение составляют головки из феррита со стеклянным покрытием.

Головки из монокристалла феррита со стеклянным покрытием типа Glass X (или GX) разработаны и изготовлены японской фирмой АКАI. Магнитные свойства монокристаллического феррита лучше, чем у самых совершенных никелевых головок. Вакуумная же технология позволила обеспечить ширину рабочего зазора до 1 мкм. Применение стеклянного покрытия увеличило рабочий ресурс, по данным фирмы АКАI, до 150 000 ч.

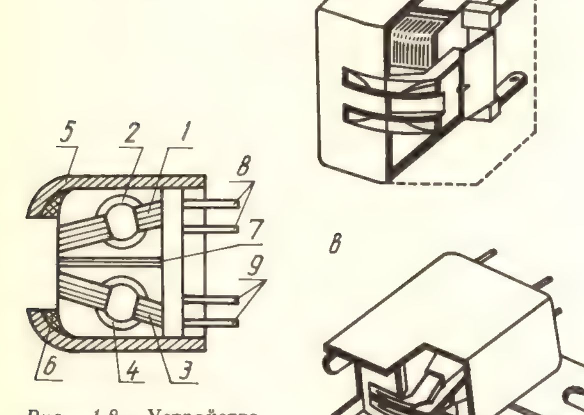
К недостаткам головок типа GX следует отнести: сравнительно большие контактные потери, что требует больших коэффициентов усиления от усилителей записи и воспроизведения; большую трудоемкость в изготовлении, что определяет их высокую стоимость.

По количеству одновременно записываемых, воспроизводящих или стирающих дорожек головки могут быть однодорожечные и двухдоро-

жечные. Многодорожечные головки в бытовых магнитофонах не применяют. Однодорожечные головки применяются при монофонической записи и воспроизведении, а двухдорожечные — при стереозаписи. Исключение составляют катушечные магнитофоны, в которых возможна моно- и стереофоническая запись.

Конструкция двухдорожечной головки изображена схематично на рис. 1.8.

Головка состоит из сердечников *1, 3* с расположенными на них обмот-



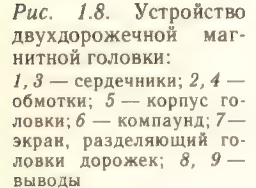


Рис. 1.8. Устройство двухдорожечной магнитной головки:

1, 3 — сердечники; *2, 4* — обмотки; *5* — корпус головки; *6* — компаунд; *7* — экран, разделяющий головки дорожек; *8, 9* — выводы

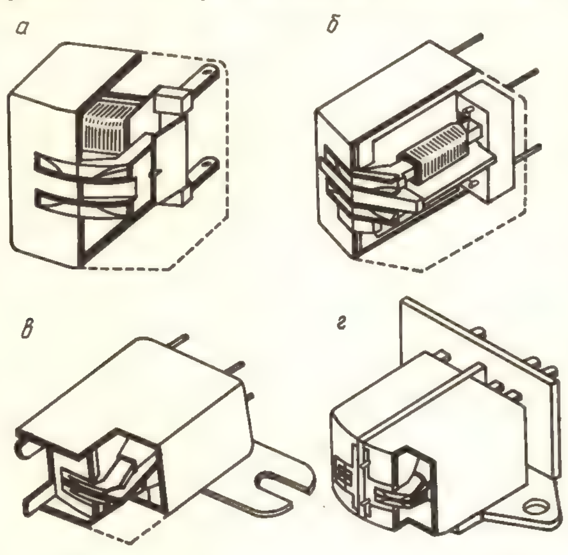


Рис. 1.9. Общие виды головок различного назначения:

а — универсальная 6Д24.081; *б* — записывающая 6В24.081; *в* — универсальная 3Д24.041; *г* — комбинированная 3АВ24

ками *2, 4*. Чтобы уменьшить влияние одной дорожки на другую, сердечники с обмотками разделены экраном *7*. Крепятся сердечники с экраном в корпус *5* при помощи компаунда *6*. Подключение головки к схеме осуществляется выводами *8* и *9*.

Общие виды головок различного назначения приведены на рис. 1.9.

Обозначение магнитных головок производится согласно ГОСТ 19755—81. Стандарт определяют буквенно-цифровые обозначения, характеризующие назначение головок и группу сложности. Первая цифра обозначает ширину магнитной ленты, для которой предназначена головка: 3 — для лент шириной 3,81 мм; 6 — для лент шириной 6,25 мм. Буква после первой цифры обозначает назначение головки: А — головка записи; В — головка воспроизведения; С — головка стирания; Д — универсальная (запись и воспроизведение).

Для кассетных магнитофонов со сквозным каналом разработана специальная головка, которая обозначается буквами АВ.

Цифра после буквы обозначает максимальное число одновременно записываемых, воспроизводимых или стираемых дорожек: 1 — однодорожечная, 2 — двухдорожечная. Следующая цифра указывает на максимальное число дорожек в обоих направлениях движения ленты: 2 — двух-

Таблица 1.3. **Параметры магнитных головок, применяемых в кассетных магнитофонах**

Параметры	Головка					
	3Д24.221	3АВ24	3Д24.01	3Д24.051	3Д24.080	3Д24 081
1	2	3	4	5	6	7
1. Рабочий диапазон частот, Гц	40...14 000 (Fe_2O_3)	40...14 000 (Fe_2O_3) 31,5...16 000 (CrO_2)	40...14 000 (Fe_2O_3)	40...12 500 (Fe_2O_3)	40...14 000 31,5...18 000 31,5...20 000	(Fe_2O_3) (CrO_2)
2. Индуктивность, мГн	85...145	МГЗ, МГВ 7,2...10,8 115...185	100...160	110...190	110...190	100...170
3. ЭДС воспроизведения, мВ	0,278	0,29	0,25	0,298	0,35	0,3
4. АЧХ воспроизведения 400...14 000 Гц, дБ	1	3,5 12 500/400 Гц	0 11 (CrO)	2 5,5 (CrO_2)	6,5 (Fe_2O_3)	1 (Fe_2O_3)
5. АЧХ записи 400...14 000 Гц, дБ	−20	−16 (Fe_2O_3)	−20	−20	−14 (Fe_2O_3) −12 (CrO_2)	−15 (Fe_2O_3) −23 (CrO_2)
6. Ширина рабочего зазора, мкм	1,8	$3^{+0,5}$ $1^{+0,2}$	$1,5^{+0,3}$	$2^{+0,5}$	$1,5 \pm 0,2$	
7. Материал сердечника	Пермаллой	81НМА	Пермаллой 79НМ	Пермаллой 81НМА	Сендаст	
8. Ресурс работы, ч	2150	250	2150	2150	500	
9. Работа с магнитными лентами:						
Fe_2O_3	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	
CrO_2	—	То же	То же	—	То же	
Металлопорошковый	—	—	—	—	»	

Таблица 1.4. **Параметры и режимы работы магнитных головок кассетных магнитофонов**

Тип	Индуктивность, мГн	Ширина рабочего зазора, мкм	ЭДС воспроизведения, мВ	Ток записи, мА	Ток подмагничивания, мА	Ток стирания, мА
ЗД12Н.2.0	45...75	1,5±0,3	0,23	0,15	1,5	—
ЗД12Н.21.0	60...100	1,8	0,36	0,3	1,5	—
ЗД24Н.1	55...90	1,5	0,15	0,15	1,0	—
ЗД24.Н.1.0	55...90	1,5	0,15	0,2	1,2	—
ЗД24Н.1.У	55...90	1,5±0,3	0,17	0,12	0,5	—
ЗД24Н.21.0	60...100	1,8	0,23	0,15	0,75	—
ЗС124.1	0,3	150	—	—	—	85
ЗС124.1.0	0,2...0,4	100	—	—	—	100
ЗС124.1.У	0,22...0,37	2×100	—	—	—	80
ЗС124.21.0	0,25...0,37	200	—	—	—	80

дорожечная, 4 — четырехдорожечная. Двухзначное число после точки обозначает номер разработки, последняя цифра — группу сложности: 0 — высшая, 1 — первая, 2 — вторая.

Основные параметры некоторых магнитных головок для кассетных магнитофонов приведены в табл. 1.3.

Наряду с магнитными головками, обозначенными по новому стандарту, применяются головки, обозначенные по ГОСТ 19775—74, где условное обозначение магнитных головок состоит из следующих элементов. Первая цифра обозначает ширину магнитной ленты, для работы с которой рассчитана головка (3 — для лент шириной 3,81 мм и 6 — для лент шириной 6,25 мм). Следующая за ней буква обозначает назначение головки (А — записывающая, В — воспроизводящая, С — стирающая, Д — универсальная). Стоящая за буквой цифра показывает максимальное число одновременно воспроизводимых, записываемых или стираемых дорожек. Вторая за буквой цифра показывает максимальное число дорожек, располагаемых по ширине ленты. В обозначении стирающих головок следующие одна или две цифры указывают максимальную скорость движения магнитной ленты. Буква, стоящая после этих цифр, указывает на особенность применения головки (Н — низкоомная, П — высокоомная). Следующая цифра, отделенная от буквы точкой, показывает номер технологической разработки, а стоящая за ней буква, также отделенная точкой, показывает категорию головки (О — обычная, У — улучшенная).

Блок головок может состоять из двух магнитных головок. В этом случае разница индуктивностей отдельных головок, входящих в блок, не должна превышать 25 % для головок категории У и 30 % для блоков категории О; разница в ЭДС воспроизведения не более 2 и 3 дБ, а в ширине рабочих зазоров соответственно 15 и 25 %.

В табл. 1.4 приведены основные параметры магнитных головок и блоков, широко применяемых в кассетных магнитофонах. Приведенные данные справедливы для магнитной ленты типа А4203—3.

Магнитные головки и блоки головок для катушечных магнитофонов выпускаются в отличие от кассетных трех видов: воспроизводящие, записывающие и стирающие. Поэтому их основные параметры приведены отдельной таблицей (табл. 1.5). Данные по ЭДС воспроизведения, токов записи, подмагничивания и стирания справедливы для ленты типа А4403—6.

Таблица 1.5. **Параметры и режимы работы магнитных головок катушечных магнитофонов**

Тип	Индуктивность, мГн	Ширина рабочего зазора, мкм	ЭДС воспроизведения, мВ	Ток записи, мА	Ток подмагничивания, мА	Ток стирания, мА
6Д12В.1	480...820	3	1,6	0,085	0,85	—
6Д12П.2.0	950...1350	4	2,4	0,06	0,8	—
6Д12Н.3.0	40...60	3	0,47	0,28	2,8	—
6С129.1.У	1,4...2,1	250	—	—	—	60
6С129.1	1,3...2,2	200	—	—	—	75
6Д24Н.1.0	60...95	3	0,33	0,27	1,8	—
6Д24Н.4.0	60...95	3	0,38	0,3	2,2	—
6А24Н.4.У	15...25	7	—	0,45	2,7	—
6В24.Н.4.У	60...95	3	0,375	—	—	—

1.3. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

Основное назначение лентопротяжного механизма (ЛПМ) заключается в перемещении магнитной ленты возле магнитных головок с постоянной скоростью в режимах записи и воспроизведения. При этом механизм должен обеспечить равномерное натяжение ленты и оптимальный прижим ее к головкам. Кроме режимов записи и воспроизведения ЛПМ должен обеспечивать ускоренную перемотку ленты вперед-назад.

По конструкции ЛПМ бывают компланарными, коаксиальными и кольцевыми. В бытовых магнитофонах применяют ЛПМ компланарного типа, элементы которого расположены в одной плоскости.

Различают две кинематические схемы компланарных ЛПМ: типа «открытой петли» и типа «закрытой петли». Кинематическая схема компланарного механизма типа «открытой петли» показана на рис. 1.10.

При работе в режимах записи и воспроизведения лента с подающего узла *1* сматывается и принимается приемным узлом *2*. Перемещает ленту электродвигатель *6*, к валу которого лента прижимается обрезиненным роликом *5*. Чтобы лента не перемещалась по вертикали, применяют направляющие ролики или стойки *3, 4*. Магнитные головки располагаются между направляющими стойками в следующем порядке по ходу движения ленты: стирающая *7*, записывающая *8* и воспроизводящая *9*.

У механизма типа «открытой петли» имеется серьезный недостаток — нестабильность вращения подающего и приемного узлов сказывается на равномерности движения ленты. От этого недостатка свободен механизм типа «закрытой петли» (рис. 1.11).

В этой конструкции, как и в предыдущей, имеются подающий *1* и приемный *2* узлы. Лента прижимается к ведущему валу *3* прижимными роликами *4, 5* с двух сторон. Между этими роликами лента образует петлю, охватывающую инерционный ролик *6*. Стабильность скорости записи и воспроизведения зависит от стабильности движения ленты внутри петли, где расположены головки *7, 8*. При этом влияние приемного и подающего узлов на скорость ленты внутри петли ослабляется прижимными роликами.

Лентопротяжные механизмы типа «закрытой петли», несмотря на очевидное достоинство, распространение в бытовых магнитофонах не получили по конструктивным соображениям.

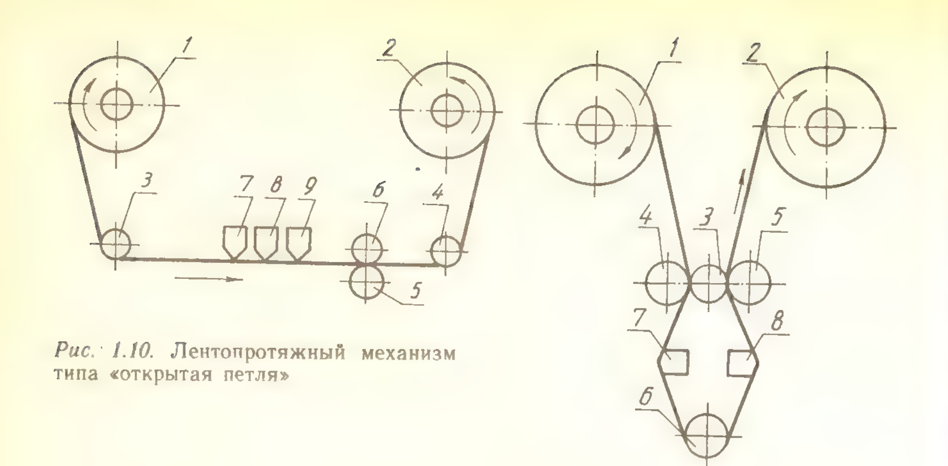


Рис. 1.10. Лентопротяжный механизм типа «открытая петля»

Рис. 1.11. Лентопротяжный механизм типа «закрытая петля»

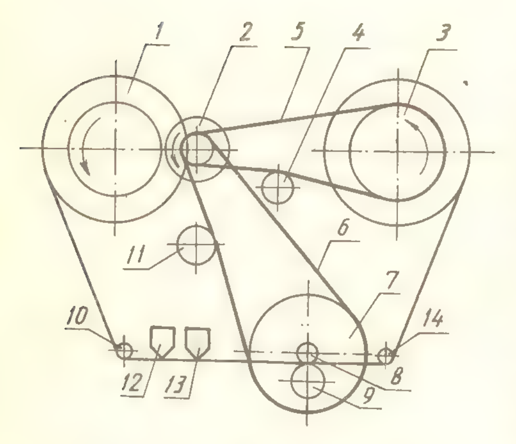


Рис. 1.12. Кинематическая схема однодвигательного лентопротяжного механизма катушечного магнитофона

По количеству примененных электродвигателей ЛПМ могут быть трехдвигательными и однодвигательными. На рис. 1.10 приведена кинематическая схема трехдвигательного механизма. В ней кроме ведущего двигателя *6* имеются двигатели подающего и приемного узлов. Во время записи или воспроизведения двигатель приемного узла вращается в ту же сторону, что и ведущий, обеспечивая тем самым намотку ленты с нужной плотностью. Двигатель подающего узла вращается в обратную сторону, обеспечивая заданное натяжение ленты. Для этого на него подается неполное напряжение.

В режиме ускоренной перемотки вперед на двигатель приемного узла подается полное напряжение, и он осуществляет намотку ленты на приемный узел. На двигатель подающего узла прикладывается неполное напряжение, обеспечивая тем самым плотность намотки. В режиме перемотки назад полное напряжение подается на двигатель подающего узла и неполное на двигатель приемного.

При ускоренной перемотке как вперед, так и назад ведущий двигатель отключается, а магнитные головки отводятся от ленты.

На рис. 1.12 показана кинематическая схема однодвигательного ЛПМ. Механизм приводится в движение электродвигателем *2*. Вращение с помощью двух пассиков *5* и *6* передается на маховик *7* ведущего вала *8*

и на правый подкатушник *3*. Натяжение пассиков производится натяжными роликами *4* и *11*. Прижим ленты к ведущему валу *8*, на который насажен маховик *7*, осуществляется прижимным обрезиненным роликом *9*. Подматывается лента приемным узлом *3*, а необходимое натяжение у магнитных головок обеспечивается подающим узлом. При ускоренной перемотке влево ведомый диск подающего узла через паразитный ролик прижимается к обрезиненной насадке на валу электродвигателя и вращается в направлении, обратном указанному на рисунке. Приемный узел при этом обеспечивает натяжение ленты. При ускоренной перемотке вперед тяговое усилие создает приемный узел, а подающий — подтормаживает. Торможение ленты в момент остановки магнитофона производится специальными тормозными устройствами на подающем и приемном узлах.

Лентопротяжные механизмы кассетных магнитофонов строятся также по компланарным схемам с одним, двумя и тремя электродвигателями. Наибольшее распространение получили ЛПМ кассетных магнитофонов с одним двигателем и одним или двумя пассиками.

На рис. 1.13 приведена однодвигательная кинематическая схема ЛПМ с двумя пассиками. С помощью пассика *7* вращение вала электродвигателя *8* передается ведущему узлу *9*. На приемный *6* и подающий *3* узлы вращение передается с маховика ведущего узла через второй пассик *4*. При помощи обводного ролика *2* осуществляется изменение направления вращения подающего узла.

Рассматриваемая кинематическая схема изображена в положении «Стоп». При переводе ЛПМ в положение «Рабочий ход» магнитные головки *11* и *12* и обрезиненный прижимной ролик *10* входят в контакт с магнитной лентой *14*. Постоянство скорости перемещения ленты обеспечивается системой ведущий вал *13* — прижимной ролик *10*. Подмотка ленты на приемный узел осуществляется за счет использования в приемном узле фрикционной муфты, а требуемое натяжение ленты производится фрикционной муфтой подающего узла, ведущий шкив которого вращается в обратную сторону.

В режимах перемоток вперед и назад магнитные головки и прижимной ролик отводятся от магнитной ленты и с помощью одного из обрезиненных роликов *6* и *1* производится выключение фрикционной муфты приемного или подающего узлов. При остановке и переходе из одного режима работы в другой движение ленты тормозится фрикционными муфтами узлов.

Применение двух пассиков упрощает конструкцию ЛПМ и позволяет обеспечить необходимую развязку ведущего узла с подающим и приемным.

Кинематическая схема однодвигательного ЛПМ с одним пассиком изображена на рис. 1.14. Вращение вала электродвигателя *7* с помощью пассика *5* передается маховику ведущего узла *8*, шкиву фрикционной муфты приемного узла *4* и обводному ролику *3*. Схема показана в режиме «Стоп». При включении рабочего хода головки *10, 11* и прижимной ролик *9* входят в контакт с магнитной лентой *12*. Система ведущий вал *13* — прижимной ролик *9* приводит в движение ленту с постоянной скоростью. Требуемое натяжение магнитной ленты на участке ведущий вал — приемный узел производится фрикционной муфтой приемного узла, а натяжение на участке ведущий вал — подающий узел *2* — при помощи специального тормоза *1*. В режиме перемотки «Вперед» магнитные головки и прижимной ролик отводятся от ленты, а обрезиненный ролик *6* производит выключение фрикционной муфты приемного узла. Натяжение ленты обеспечивается тормозом *1*.

В режиме перемотки в обратном направлении обводной ролик *3*, находящийся на подвижном рычаге, входит в зацепление со шкивом подающе-

го узла, и вращение от ведущего узла передается на подающий. Требуемое натяжение ленты обеспечивается фрикционной муфтой приемного узла.

В магнитофонах первой и высшей групп сложности применяют ЛПМ с тремя двигателями. Это позволяет обеспечить заданные параметры магнитофона и повысить надежность ЛПМ. Принцип работы трехдвига-

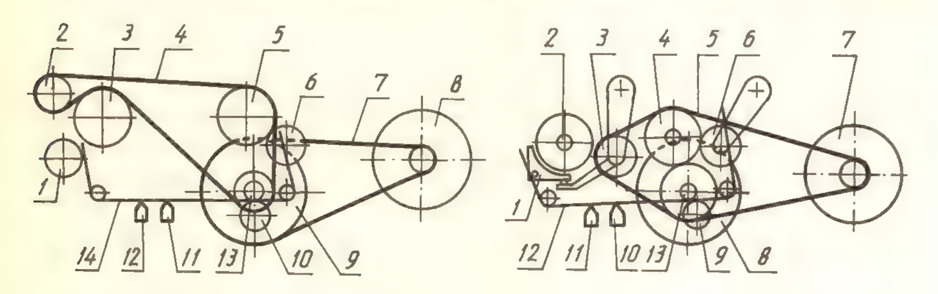


Рис. 1.13. Кинематическая схема однодвигательного лентопротяжного механизма кассетного магнитофона с двумя пассиками

Рис. 1.14. Кинематическая схема однодвигательного лентопротяжного механизма кассетного магнитофона с одним пассиком

тельного ЛПМ кассетного магнитофона аналогичен принципу работы такого же ЛПМ катушечного.

Двухдвигательные лентопротяжные механизмы находят применение в кассетных магнитофонах и заметных преимуществ перед одно- и трехдвигательными не имеют.

Как было сказано выше, основной задачей ЛПМ является перемещение ленты с заданной скоростью. Однако действительная скорость несколько отличается от номинальной, что приводит к возникновению искажений, вносимых в фонограмму. При медленном изменении скорости происходит изменение тональности звука, при быстром возникает частотно-амплитудная модуляция и, как следствие, частотные и нелинейные искажения. Поэтому к лентопротяжным механизмам предъявляются жесткие требования (к стабильности скорости перемещения ленты около зазоров магнитных головок).

Основными параметрами, характеризующими ЛПМ, являются: средняя скорость ленты; отклонение средней скорости от номинальной; дрейф скорости; колебания скорости; коэффициент детонации.

Средняя скорость ленты — путь, проходимый лентой в единицу времени. Значения средней скорости стандартизированы. В бытовых катушечных магнитофонах применяют в основном следующие скорости: 19,05; 9,53 и 4,76 см/с, в кассетных — 4,76 см/с и иногда 2,38 см/с.

Отклонение средней скорости от номинальной оценивается в процентах и зависит от точности изготовления деталей ЛПМ, задающих скорость движения ленты. Оно приводит к тому, что при записи и воспроизведении на разных аппаратах время воспроизведения отличается от времени записи, а также искажается тембр звуковых сигналов. Допустимое отклонение средней скорости от номинальной не должно превышать долей процента.

Дрейф скорости — случайное изменение средней скорости, оцениваемое в процентах от номинального значения. Допустимое значение дрейфа скорости в зависимости от группы сложности магнитофона лежит в преде-

лах 0,5...3 %. Дрейф скорости вызывают: проскальзывание ленты; изменение питания электродвигателей; нестабильность частоты питающей сети; «вытягивание» ленты и т. д.

Колебания скорости — отклонение скорости от среднего значения. Возникают из-за неидеальности изготовления вращающихся элементов лентопротяжного механизма, наличия у них эксцентриситетов и эллиптичности. Эти колебания имеют периодический характер, частота их совпадает или кратна частоте вращения элементов лентопротяжного механизма.

Другим источником колебаний скорости являются продольные колебания ленты, вызванные случайным изменением коэффициента трения ленты о головки и неподвижные направляющие втулки. Такие изменения связаны с наличием шероховатости у рабочих поверхностей лент, головок и неподвижных частей лентопротяжного механизма, по которым перемещается лента. Частота этих колебаний, часто называемых струнным эффектом, зависит от материала основы и длины колеблющегося отрезка ленты.

При звукозаписи колебания скорости приводят к изменениям высоты тона, называемым *детонацией*. Оценивается детонация коэффициентом детонации.

Коэффициент детонации рассчитывается в процентах как отношение амплитуды колебания скорости движения ленты к номинальному значению. Для бытовых магнитофонов коэффициент детонации должен быть не более ± (0.04...0,7) %.

На слух детонация воспринимается как искажение звука. Детонация с частотой 2...10 Гц воспринимается как периодическое изменение высоты тона. Такое явление называют «плаванием» звука. Колебания скорости с частотой 10...25 Гц воспринимаются как дрожание звука, а выше 25 Гц — как хриплость.

Глава 2

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

В настоящее время промышленностью выпускается свыше 70 разновидностей магнитофонов, магнитофонных приставок, воспроизводящих устройств индивидуального пользования и автомобильных. В отличие от телевизионных приемников магнитофоны строятся не по унифицированным схемам, а по индивидуальным, характерным для данной марки и группы сложности. Несмотря на это, все они построены по одной из двух структурных схем — с универсальным усилителем или с раздельными усилителями записи и воспроизведения.

2.1. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Структурная схема монофонического магнитофона с универсальным усилителем приведена на рис. 2.1. В состав схемы входят: входное устройство (ВУ); универсальный усилитель (УУ); цепи коррекции (К); генератор стирания и подмагничивания (ГСП); магнитные головки стирания (ГС) и универсальная (ГУ); индикатор уровня записи (И); усилитель мощности (УМ).

Входное устройство в простейшем случае представляет собой делители напряжения, выполненные на резисторах. Выбор источника сигнала для записи осуществляется подключением его на соответствующий разъем (Мк — микрофон, Зв — звукосниматель, Р — радиоприемник или телевизор, А — радиотрансляционная линия). Делители напряжения понижают уровень входного сигнала, если это необходимо, до величины, равной номинальной чувствительности универсального усилителя.

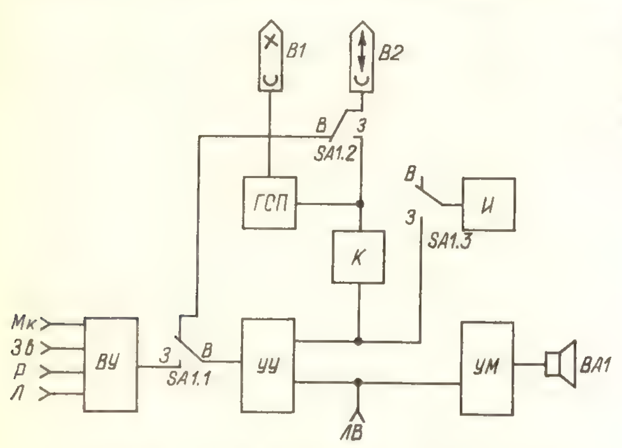


Рис. 2.1. Структурная схема монофонического магнитофона с универсальным усилителем

В режиме записи сигнал с входного устройства через переключатель *SA1.1* поступает на универсальный усилитель. В универсальном усилителе происходит усиление сигнала и коррекция амплитудно-частотной характеристики при помощи цепей коррекции (К).

Усиленный сигнал с выхода усилителя через переключатель *SA1. 2* поступает на универсальную головку, работающую в качестве записывающей. Через этот же переключатель на головку подается ток подмагничивания от генератора стирания и подмагничивания. Одновременно ГСП запитывает и головку стирания. Для контроля уровня записи сигнал с выхода усилителя через переключатель *SA1.3* подается на индикатор уровня записи. Установка уровня записи производится регулятором, расположенным в универсальном усилителе.

Качество записываемого сигнала на слух контролируется громкоговорителем *BA1*, на который нагружен усилитель мощности. Сигнал на вход усилителя мощности поступает с выхода универсального усилителя. В схеме усилителя мощности предусматриваются регуляторы громкости и тембра.

В режиме воспроизведения сигнал с универсальной головки через переключатели *SA1.2* и *SA1.1* поступает на вход универсального усилителя, в котором осуществляется усиление и коррекция АЧХ. Цепи коррекции в режиме воспроизведения несколько отличаются от цепей коррекции в режиме записи. Выбор необходимой цепи коррекции при переходе с режима на режим производится переключателем *SA1.1.*

С выхода универсального усилителя сигнал поступает на вход усилителя мощности и на линейный выход ЛВ. Линейный выход предназначен для подключения другого магнитофона в режиме записи или более мощного усилителя низкой частоты.

По рассмотренной схеме в настоящее время выпускаются кассетные магнитофоны четвертой, третьей и второй группы сложности.

Наиболее распространенной следует считать схему стереофонического магнитофона с универсальными усилителями. По этой схеме строятся стереомагнитофоны и магнитофоны-приставки первой группы сложности.

Структурная схема двухканального стереофонического магнитофона изображена на рис. 2.2. Она содержит два идентичных канала (левый и правый), аналогичных рассмотренному выше. Общим для обоих каналов является генератор стирания и подмагничивания, который включается

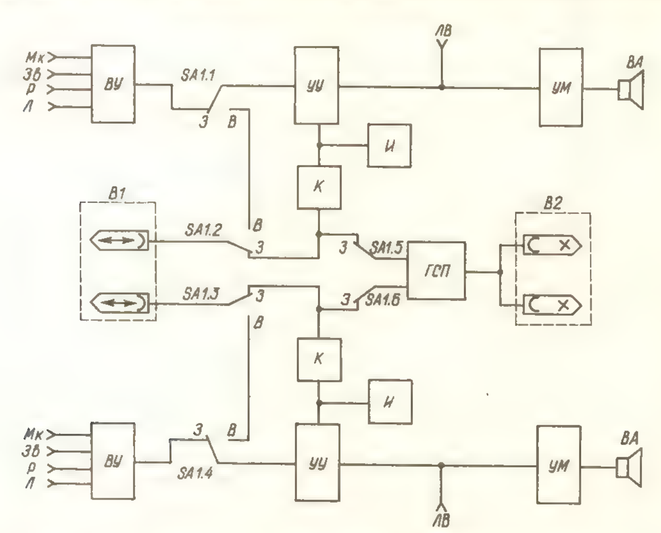


Рис. 2.2. Структурная схема двухканального стереофонического магнитофона с универсальными усилителями

при установке переключателя режимов работы *SA1* в положение «Запись» (З). Магнитные головки выполнены в виде блоков. В каждом блоке по две головки, выполняющие одинаковые функции и подключенные к своему каналу.

Стереофонический магнитофон можно использовать для записи и монофонических программ. В этом случае работает только один канал (левый или правый). При записи левым каналом отключаются стирающая и универсальная головки правого канала. При этом, чтобы не изменился режим работы генератора стирания и подмагничивания (при отключении головок), генератор нагружают на эквивалентное сопротивление. При воспроизведении монофонической записи универсальные головки подключены ко входам усилителей, но оба усилителя мощности подключаются к одному из предварительных усилителей.

Применение такого режима снижает эксплуатационные возможности кассетного магнитофона и в промышленных образцах не предусматривается.

Магнитофоны первой и высшей групп сложности выполняются по схеме с раздельными усилителями для записи и воспроизведения (рис. 2.3) и только в стереофоническом варианте. Так как оба канала такого магнитофона идентичны, как и в предыдущем случае, рассмотрим принцип работы на примере одного канала.

При включении магнитофона на запись сигнал от источника сигнала через входное устройство подается на вход усилителя записи, в котором

осуществляется его усиление и коррекция. Усиленный и скорректированный сигнал поступает на головку записи совместно с сигналом от генератора стирания и подмагничивания. Уровни обоих сигналов выбираются такими, чтобы обеспечить необходимую остаточную намагниченность ленты при минимальных шумах и искажениях.

Записанный на магнитную ленту сигнал в виде остаточного магнитного потока при движении ленты возле рабочего зазора головки воспроизведения наводит в ней ЭДС, которая далее поступает на усилитель воспроиз-

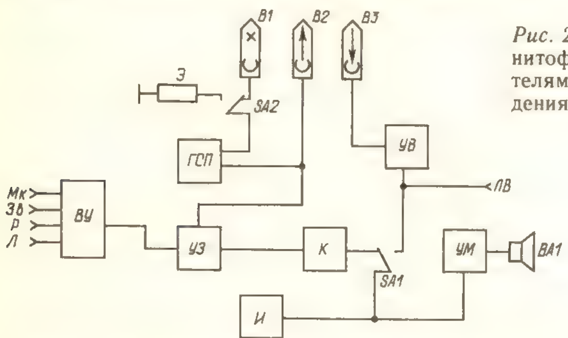


Рис. 2.3. Структурная схема магнитофона с раздельными усилителями записи и воспроизведения

ведения. После усиления и соответствующей коррекции сигнал поступает на гнездо «Линейный выход» (ЛВ), используемый при перезаписи на другой магнитофон.

Таким образом, при работе магнитофона в режиме «Запись» записанный головкой записи сигнал сразу же может считываться головкой воспроизведения. Благодаря раздельным усилителям для записи и воспроизведения образуется так называемый сквозной канал, позволяющий вести одновременно слуховой и визуальный контроль качества записи. В отличие от магнитофона с универсальными усилителями магнитофон с раздельными усилителями позволяет осуществлять контроль не только записываемого сигнала, но и записанного. Выбор сигнала для контроля производится переключателем *SA1* (визуальный и слуховой). В хорошо отлаженном магнитофоне показания индикатора И при подключении к усилителю воспроизведения должны быть равны показаниям при подключении индикатора к усилителю записи. Так как в усилителе записи осуществляются частотные предыскажения сигнала, то для устранения различия в показаниях индикатора вводится корректор, исправляющий сигнал. Усилитель мощности также подключается к усилителю записи через корректор.

Применение раздельных усилителей для записи и воспроизведения позволяет значительно расширить эксплуатационные возможности магнитофона (наложение записи на запись, перезапись с дорожки на дорожку и т. д.). Наложение записи осуществляется отключением головки стирания от генератора стирания и подмагничивания переключателем *SA2*. Головка же записи производит запись нового сигнала на существующий. Чтобы не изменился режим работы ГСП, он нагружается на эквивалент стирающей головки Э.

2.2. УСИЛИТЕЛЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Входным сигналом усилителя воспроизведения является ЭДС воспроизводящей головки, величина которой на нижних частотах не превышает 100...150 мкВ и растет с увеличением частоты. Это требует от усилителя

большого коэффициента усиления, чтобы обеспечить необходимый динамический диапазон. Как известно, динамический диапазон ограничивается снизу шумами. Источниками шума являются магнитная лента, магнитная головка и собственно усилитель воспроизведения. Шумы усилителя воспроизведения преобладают над шумами, создаваемыми головкой и лентой. Отсюда первое требование к усилителям подобного рода — низкий уровень собственных шумов, обеспечивающий наибольшее отношение сигнал/шум. Удовлетворение этого требования зависит как от схемных решений каскадов электрической схемы, так и от рационального их исполнения.

Наиболее ответственным узлом усилителя является первый каскад, так как именно к нему предъявляются жесткие требования по обеспечению необходимого превышения сигнала над собственными шумами. Даже незначительные шум или помеха, возникающие в первом каскаде и усиленные остальными каскадами, способны значительно уменьшить отношение сигнал/шум на выходе усилителя воспроизведения.

Высокочастотные шумы ощущаются на слух как шипение в громкоговорителях, оказывающее раздражающее действие на слушателя. Поэтому в относительном уровне суммарных помех усилителя воспроизведения доля высокочастотных помех должна быть на 20...30 дБ меньше остальных. К высокочастотным шумам относятся тепловой шум сопротивления базы, дробовой шум эмиттерного и коллекторного переходов и шумы перераспределения тока эмиттера. Отсюда следует, что уменьшение высокочастотных шумов возможно только за счет правильного выбора транзисторов в усилителе воспроизведения и их режимов.

Во входных каскадах транзисторных усилителей для уменьшения высокочастотных шумов применяют транзисторы с возможно меньшим коэффициентом шума. В магнитофонах прошлых выпусков широко применялись транзисторы МП27, МП28. Они отличаются малым обратным током коллектора 2...3 мкА. В настоящее время входные каскады строятся на транзисторах КТ3102, КТ3107, обратный ток коллектора которых на два порядка меньше и составляет 0,01...0,08 мкА. Это позволяет использовать их в режиме микротоков, что уменьшает уровень шумов на 2...3 дБ. При этом ток коллектора составляет 30...60 мкА.

Малым уровнем шумов обладают также полевые транзисторы. Но они не нашли применения во входных каскадах из-за частого выхода из строя при размагничивании магнитных головок и узлов лентопротяжного механизма.

Низкочастотные помехи прослушиваются как гудение или отдельные трески и шорохи. Появление гудения обусловлено влиянием внешних магнитных и электрических полей как на головку, так и на входной каскад. Устраняется эта помеха экранировкой головок воспроизведения и входных каскадов и питанием последних напряжением с малым коэффициентом пульсаций. Трески и шорохи возможны при микрофонном эффекте и низком качестве деталей усилителя.

Второе требование к усилителям воспроизведения — малые нелинейные искажения, возникающие при усилении. Величина их должна быть по возможности меньшей. Для их уменьшения необходимо правильно выбрать режим работы транзистора и обеспечить стабильность положения рабочей точки на прямолинейной характеристике транзистора.

На качество воспроизведения магнитной записи кроме нелинейных (гармонических) искажений и шумов существенное влияние оказывают частотные искажения. Форма амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) усилителя должна быть строго определенной. Это необходимо для того, чтобы запись, сделанная на одном магнитофоне при определенной

скорости движения магнитной ленты, могла быть воспроизведена с тем же качеством на любом другом магнитофоне, имеющем такую же скорость. С этой целью частотные характеристики усилителя воспроизведения для различных скоростей движения ленты стандартизируются (рис. 2.4).

Форма АЧХ усилителя воспроизведения обусловлена физическими процессами, происходящими при записи и воспроизведении. Основными источниками частотных искажений являются магнитные головки, магнитная лента и усилитель воспроизведения.

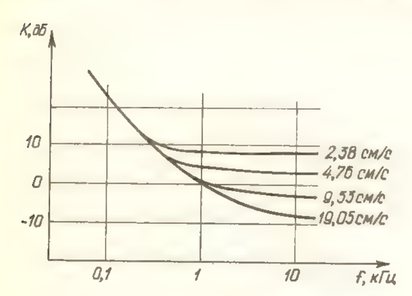


Рис. 2.4. Стандартизованные частотные характеристики усилителя воспроизведения для различных скоростей

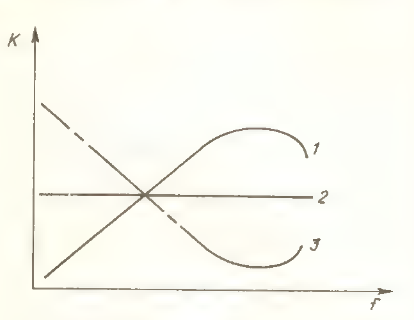


Рис. 2.5. Принцип получения линейной частотной характеристики сквозного канала магнитофона

Сложение всех частотных искажений, возникающих из-за специфических особенностей магнитной звукозаписи и воспроизведения, позволяет получить суммарную частотную характеристику магнитной записи (кривая *1* на рис. 2.5). Такая характеристика получается при постоянной величине тока записи и при линейной частотной характеристике усилителя воспроизведения. Очевидно, что для получения равномерного усиления в рабочем диапазоне частот (линия *2*) частотная характеристика усилителя воспроизведения (кривая *3*) должна быть зеркальным отображением кривой *1*.

Таким образом, для получения неискаженного воспроизведения записанных сигналов в рабочем диапазоне частот частотная характеристика усилителя воспроизведения должна быть скорректирована с целью компенсации частотных искажений, возникающих за счет воспроизводящей головки.

На рис. 2.4 изображены стандартизованные частотные характеристики усилителя воспроизведения при идеальной воспроизводящей головке для различных скоростей движения ленты. Идеальной считается такая воспроизводящая головка, у которой ЭДС при воспроизведении фонограммы с постоянным остаточным магнитным потоком пропорциональна частоте, а ее частотная характеристика представляет прямую линию с крутизной 6 дБ на октаву. Частотные характеристики реальной и идеальной головок отличаются друг от друга. Следовательно, и частотная характеристика усилителя с реальной головкой должна отличаться от стандартизованной. Так, для компенсации щелевых потерь частотная характеристика должна иметь подъем на 5...7 дБ в области верхних звуковых частот. Кроме того, необходим дополнительный подъем на 3...5 дБ на случай ухудшения частотной характеристики головки по мере ее износа. В области низших частот характеристика должна проходить ниже стандартизованной. Это связано с потерями вследствие конечных размеров полюсов го-

ловки и влияния экрана. Спад АЧХ на частоте 30 Гц должен составлять 3 дБ при скорости 19,05 см/с и 1 дБ при скорости 9,53 см/с.

Коррекция частотной характеристики усилителя воспроизведения осуществляется *RC*- и *LCR*-цепями, включаемыми как в цепь сигнала, так и в цепь отрицательной обратной связи. Чаще коррекцию производят в промежуточных каскадах и лишь иногда на входе усилителя. АЧХ усилителя воспроизведения задается двумя постоянными времени цепей коррекции. Постоянная времени τ_1 определяется последовательно включенными

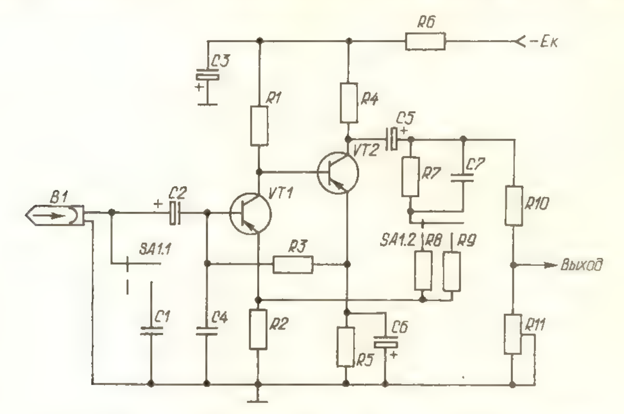


Рис. 2.6. Принципиальная схема усилителя воспроизведения на дискретных элементах

элементами цепи коррекции, а τ_2 — параллельно включенными. Согласно ГОСТ 24863—81, для отечественных магнитофонов: τ_1 для скорости 19,05 см/с — 50 мкс, для скорости 9,53 см/с — 90 мкс, для скорости 4,76 см/с — 120 мкс при использовании ленты с рабочим слоем из гамма-окисла железа или 70 мкс, если используется лента с рабочим слоем из двуокиси хрома; τ_2 для всех скоростей ленты.

Стандартизация постоянных времени вызвана влиянием их величины на качественные показатели магнитофонов. При уменьшении τ_1 снижается частотная коррекция в усилителе воспроизведения, подчеркивающая частотные составляющие шумов паузы. При этом должны быть увеличены предыскажения в усилителе записи. Это может привести к повышению нелинейных искажений на верхних частотах. При увеличении τ_1 происходит обратное явление: возрастают шумы и уменьшаются нелинейные искажения. Увеличение τ_2 уменьшает подъем нижних частот в усилителе воспроизведения, уровень фона и шумов. Однако при этом увеличивается подъем нижних частот в усилителе записи, что может привести к повышению нелинейных искажений на этих частотах.

Усилители воспроизведения магнитофонов могут быть построены как на дискретных элементах, так и на интегральных микросхемах. На рис. 2.6 изображена одна из возможных схем усилителя на дискретных элементах.

Усилитель выполнен на двух малошумящих транзисторах *VT1* и *VT2*. Основная коррекция АЧХ осуществляется в цепи глубокой частотно-зависимой отрицательной обратной связи, охватывающей оба каскада. Корректирующая цепь составлена из конденсатора *C7*, резистора *R7* и резисторов *R8* или *R9*. Постоянная времени τ_1 обеспечивается элементами *C7, R8* (или *C7, R9*). Элементы *R7*, *C7* определяют величину τ_2.

Подъем АЧХ в области верхних частот осуществляется параллельным колебательным контуром, составленным из индуктивности вопроизводящей головки и емкости конденсатора *C2* (для скорости 9,53 см/с). Частоту настройки контура выбирают величиной емкости конденсаторов *C1, C4* с учетом паразитной емкости схемы. Регулировать подъем АЧХ можно включением шунтирующего резистора (20...50 кОм) параллельно конденсатору.

На рис. 2.7 изображена схема усилителя воспроизведения на интегральной микросхеме К548УН1. Как и в предыдущей схеме, коррекция АЧХ осуществляется *RC*-элементами в цепи обратной связи. В цепь обратной связи включены резисторы *R1, R3* и конденсатор *C4*. Постоянная времени τ_1 обеспечивается элементами *R1, C4*, а τ_2 — *C4, R3*. Изменением сопротивления резистора *R1* можно изменять постоянную времени τ_1 и применять усилитель для разных скоростей движения ленты.

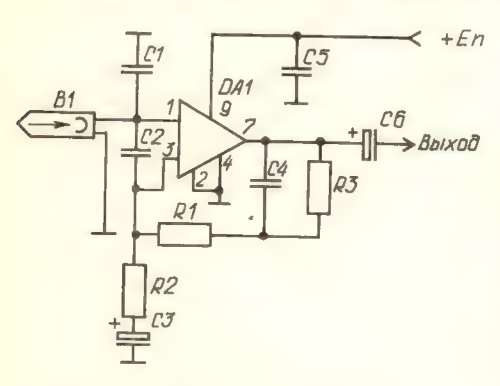


Рис. 2.7. Принципиальная схема усилителя воспроизведения на микросхеме

Частота подъема АЧХ в области верхних частот осуществляется подбором емкости конденсатора *C1*.

Достоинством рассмотренных схем является коррекция АЧХ цепью отрицательной обратной связи. Такая коррекция стабилизирует параметры усилителя и уменьшает нелинейные искажения, особенно в области тех частот, где обратная связь сильна. Поэтому такой способ коррекции является основным в современных магнитофонах.

2.3. УСИЛИТЕЛЬ ЗАПИСИ

В бытовых магнитофонах усилитель записи должен быть рассчитан на работу от различных источников звукового сигнала. Такими источниками могут быть микрофон, звукосниматель, линейный выход другого магнитофона, радиоприемник (телевизор) и радиотрансляционная линия.

Усилитель записи должен выполнять следующие функции: усиление сигналов от различных источников; осуществление частотных предыскажений записываемых на магнитную ленту сигналов; смешивание сигналов звуковой частоты и высокочастотного подмагничивания.

Чувствительность и коэффициент усиления усилителя записи выбираются такими, чтобы выходное напряжение усилителя было достаточным для создания необходимого тока записи в записывающей головке при работе от источника сигнала с наименьшим уровнем выходного напряжения. При работе от других источников их выходные напряжения ослабляются входными делителями напряжения. Как и усилитель воспроизведения, усилитель записи должен обладать минимальным уровнем собственных шумов и минимальными нелинейными искажениями. Требования эти вполне выполнимы, так как уровень входного сигнала намного больше, чем у усилителя воспроизведения. Кроме того, выходной каскад усилителя

записи должен обладать способностью к определенным перегрузкам. Это необходимо для неискаженного усиления пиковых значений сигнала.

Различные элементы схемы оказывают влияние на амплитудно-частотную характеристику усилителя записи. Чтобы обеспечить линейную АЧХ канала записи — воспроизведения магнитофона, в усилителе записи осуществляется частотная коррекция. Пояснить необходимость применения частотной коррекции можно следующим образом. Если записать сигнал, частота которого последовательно изменяется от

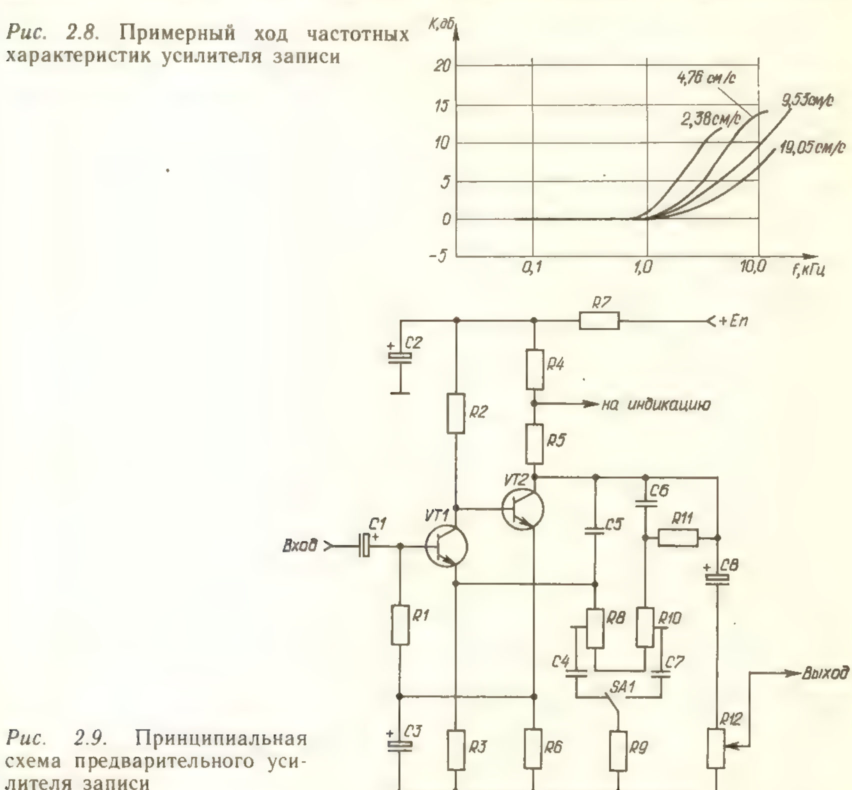


Рис. 2.8. Примерный ход частотных характеристик усилителя записи

Рис. 2.9. Принципиальная схема предварительного усилителя записи

нижней частоты звукового диапазона до верхней, с таким расчетом, чтобы магнитный поток в сердечнике головки записи на всех частотах оставался неизменным, то остаточная намагниченность ленты в области верхних частот окажется значительно меньшей. Величина ослабления зависит от частотных свойств магнитной ленты, частоты записанных сигналов, скорости движения ленты, ширины рабочего зазора головки записи, частотных потерь в ее сердечнике (у современных головок они незначительны) и от величины тока подмагничивания.

В результате АЧХ сигнала на выходе воспроизводящей головки окажется очень неравномерной: на верхних частотах она будет иметь большой спад из-за щелевых и частотных потерь головки, на нижних — из-за ее меньшей отдачи. Получение линейной частотной характеристики магнитофона за счет коррекции АЧХ только в канале записи или канале воспроизведения привело бы к увеличению нелинейных искажений или

высокочастотных и низкочастотных шумов. Поэтому коррекцию осуществляют и в усилителе воспроизведения, и в усилителе записи.

Частотные предыскажения при записи должны быть такими, чтобы АЧХ канала записи — воспроизведения со стандартным каналом воспроизведения (см. рис. 2.4) имела в рабочем диапазоне частот неравномерность в пределах допустимых стандартом отклонений. Особенностью этих АЧХ является подъем в области верхних частот, компенсирующий щелевые и частотные потери головки (рис. 2.8).

В усилителях записи частотные предыскажения чаще всего создаются *RC*-цепями, включенными или в цепь сигнала, или в цепь обратной связи. Первый способ применяется редко ввиду сильного ослабления сигнала. Второй способ является основным. Как и в усилителях воспроизведения, форма АЧХ усилителя записи задается двумя постоянными времени: τ_1 — для верхних частот, τ_2 — для нижних.

Схема предварительного усилителя записи с элементами коррекции, включенными в цепь обратной связи, приведена на рис. 2.9. Он представляет собой двухкаскадный усилитель с непосредственной связью. Частотные предыскажения в области верхних частот формируются цепью частотно-зависимой отрицательной обратной связи, состоящей из элементов *R3, R8, R9, R10, C4, C7*. Подъем АЧХ на этих частотах регулируют подстроечными резисторами *R8* (при скорости 9,53 см/с) и *R10* (при скорости 19.05 см/с). В области нижних частот коррекция осуществляется цепью *R8R10C5*.

Необходимый ток записи зависит от конструкции головки, числа ее витков, выбора величины тока подмагничивания и свойств магнитной ленты. Так как сопротивление обмотки зависит от частоты, то на нижних частотах оно мало. При непосредственном подключении головки к выходу усилителя записи могут возникнуть большие нелинейные искажения на этих частотах. Поэтому во всех усилителях записи применяют выходные каскады со стабилизацией сопротивления нагрузки.

Простейшим способом стабилизации сопротивления является применение ограничительного резистора с достаточно большим сопротивлением, включенного последовательно с записывающей магнитной головкой (рис. 2.10, *а*). Сопротивление этого резистора должно в несколько раз превышать сопротивление головки на верхней частоте. В этом случае сопротивление нагрузки усилителя во всем диапазоне рабочих частот можно считать постоянным. Однако способ этот не экономичен, так как требует от усилителя записи дополнительной мощности, компенсирующей потери на сопротивлении.

Второй способ предполагает включение последовательно с головкой параллельно включенных резистора *R* и конденсатора *C* (рис. 2.10, *б*). Применение стабилизирующей *RC*-цепочки позволяет получить тот же результат, что и в первом случае, но при меньшем сопротивлении резистора *R*. Этот способ находит широкое применение в усилителях записи магнитофонов.

Высокую стабильность нагрузки можно обеспечить, применяя выходной каскад с динамической нагрузкой. На рис. 2.11 изображен выходной каскад, собранный на транзисторе *VT2*. Нагрузкой этого транзистора является каскад на транзисторе *VT1*. Применение динамической нагрузки позволяет получить выходное сопротивление, измеряемое десятками килоом. Благодаря этому неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне частот при работе на записывающую головку не превышает $\pm 0{,}1$ дБ.

Для уменьшения нелинейных искажений записанных на магнитную ленту сигналов и шумов фонограммы к сигналу звуковой частоты подмешивается сигнал высокочастотного подмагничивания. В функции

усилителя записи входит смешение этих двух сигналов. Различают два способа смешения: последовательный и параллельный.

На рис. 2.12 показана последовательная схема. При последовательной схеме смешения ток звуковой частоты от усилителя записи (УЗ) проходит на головку записи через вторичную обмотку трансформатора *Т* генератора стирания и подмагничивания (ГСП). Величина тока подмагничивания подбирается подключением записывающей головки к отводам вторичной обмотки трансформатора.

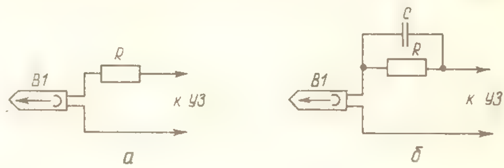


Рис. 2.10. Схемы стабилизации нагрузки усилителя записи:
а — последовательная; *б* — параллельная

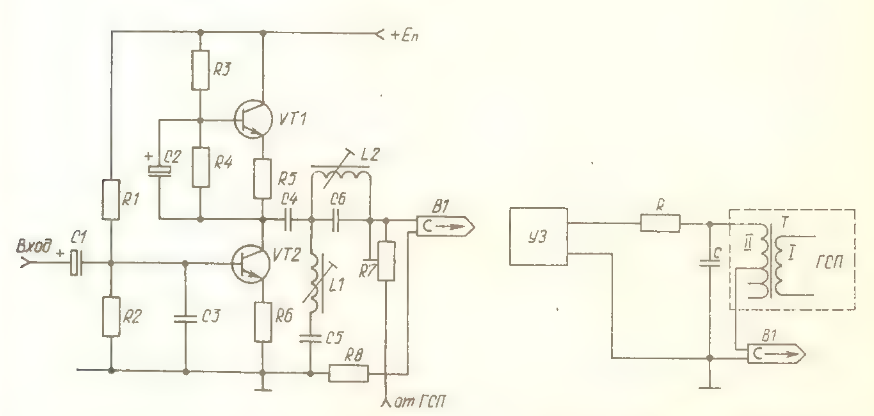


Рис. 2.11. Выходной каскад усилителя записи с динамической нагрузкой

Рис. 2.12. Последовательная схема включения записывающей головки

Резистор *R* и конденсатор *С* ослабляют проникновение тока с частотой ГСП в усилитель записи. Очевидно, что, несмотря на принятые меры, величина тока подмагничивания, поступающего в усилитель записи, будет значительной. Ввиду сложности регулировки величины тока подмагничивания и значительного проникновения его в усилитель записи схема последовательного смешения применяется редко. Кроме того, применение ограничительного резистора для стабилизации нагрузки требует от усилителя записи повышенного выходного напряжения. Применять же для стабилизации нагрузки цепочку *LC* нельзя, так как высокочастотный ток подмагничивания будет в еще большей степени проникать в усилитель записи.

В практических схемах магнитофонов чаще применяют параллельную схему (рис. 2.13). Параллельная схема свободна от указанных выше недостатков, так как позволяет применить стабилизацию нагрузки *RC*-цепью и плавно изменять величину тока подмагничивания.

В приведенной на рис. 2.13 схеме регулировку тока подмагничивания осуществляют переменным резистором *R2* и конденсатором *C2*. Для предотвращения попадания тока подмагничивания в усилитель записи

применен параллельный колебательный контур $L_ф C_ф$ (фильтр-пробка). Он настраивается на частоту генератора стирания и подмагничивания. Стабилизация сопротивления нагрузки осуществляется параллельной цепочкой *R1C1*.

Хорошими характеристиками обладает схема, изображенная на рис. 2.11. В схеме также применено параллельное включение записывающей головки. Регулировку тока подмагничивания осуществляют переменным резистором *R7*. Уровень высокочастотного сигнала, проникающе-

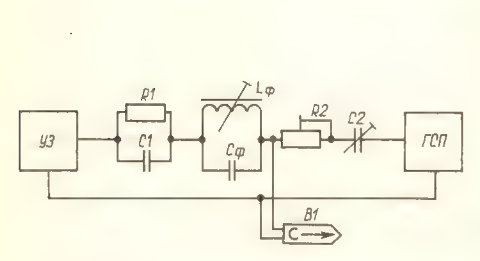


Рис. 2.13. Параллельная схема включения записывающей головки

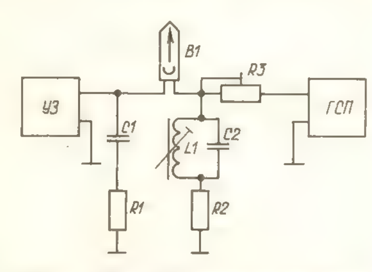


Рис. 2.14. Встречно-параллельная схема включения записывающей головки

го в усилитель записи, значительно меньше, чем в рассмотренных выше схемах. Это достигнуто включением Г-образного фильтра *L1C5C6*, настроенного на частоту тока подмагничивания. Стабилизация сопротивления нагрузки обеспечивается динамической нагрузкой (генератором тока на транзисторе *VT1*) и включением резистора *R8* в цепь головки.

Кроме рассмотренных схем возможна встречно-параллельная схема включения записывающей головки. В ней устранен такой недостаток, как потери тока подмагничивания из-за неточной настройки фильтра-пробки. Схема такого способа смещения сигналов (включения головки) изображена на рис. 2.14. Конденсатор *C1* выполняет двоякую функцию: он защищает выходной каскад от проникновения в него высокочастотного тока подмагничивания и образует с обмоткой записывающей головки параллельный контур, настроенный на верхнюю частоту рабочего диапазона. Этим обеспечивается компенсация частотных и щелевых потерь в цепи записывающей головки, и появляется возможность значительно снизить предыскажения сигнала в усилителе записи, расширив его динамический диапазон в области верхних частот.

Колебательный контур *L1C2* настраивают на частоту тока подмагничивания. Большое резонансное сопротивление контура не оказывает шунтирующего действия на выход генератора тока стирания и подмагничивания, улучшая тем самым форму его напряжения. В то же время для токов записываемого сигнала сопротивление контура мало, поэтому он эффективно защищает генератор от токов записи.

Резисторы *R1* и *R2* в реальной схеме могут отсутствовать. Они нужны при настройке для контроля соответственно тока записи и тока подмагничивания.

2.4. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Усилители, предназначенные для поочередной работы в режимах записи и воспроизведения, получили название универсальных. Они применяются совместно с универсальной магнитной головкой в магнитофонах

четвертой, третьей и второй группы сложности. Так как универсальные усилители выполняют те же функции, что и усилители записи и воспроизведения, то и требования, предъявляемые к ним, такие же, как к каждому из этих усилителей.

При работе в режиме воспроизведения на вход усилителя поступает ЭДС, индуктируемая в универсальной головке. Ввиду того что ЭДС даже высокоомной головки на нижней частоте составляет примерно 0,5 мВ, то

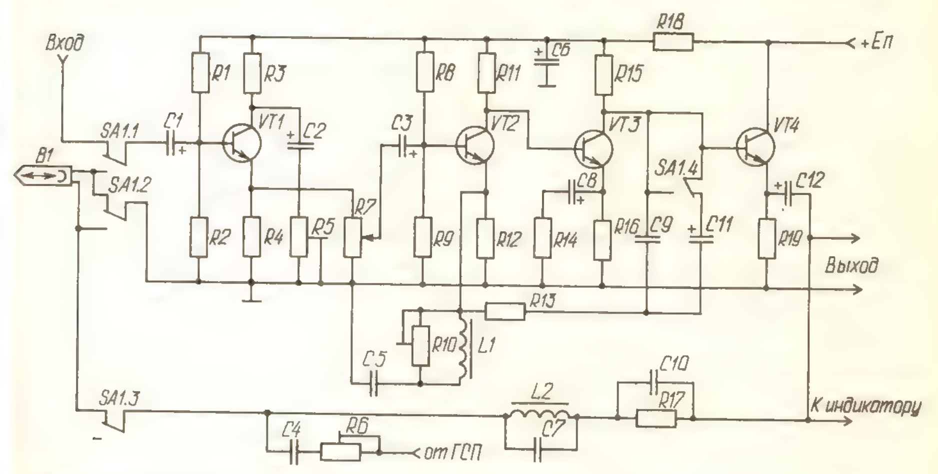


Рис. 2.15. Принципиальная схема универсального усилителя

усилитель должен обладать достаточно высокой чувствительностью при минимальном уровне собственных помех. Неодинаковая отдача головки в рабочем диапазоне частот требует применения соответствующей коррекции амплитудно-частотной характеристики усилителя.

При работе в режиме записи на вход усилителя поступает ЭДС от источника сигнала через входные делители напряжения. В этом режиме снижаются требования по собственным шумам и чувствительности, но возникает опасность перегрузки усилителя, приводящей к увеличению нелинейных искажений. Кроме того, выход усилителя должен хорошо согласовываться с магнитной головкой. К универсальному усилителю, работающему в режиме записи, предъявляются также требования и по форме АЧХ.

Таким образом, в универсальном усилителе должны выполняться противоречивые требования, обеспечивающие качество записи и воспроизведения, что практически не осуществимо. Поэтому универсальные усилители применяются в магнитофонах более низких групп сложности.

Одна из возможных схем универсального усилителя приведена на рис. 2.15. Усилитель четырехкаскадный. Последний каскад выполнен по схеме эмиттерного повторителя, что обеспечивает хорошее согласование усилителя с универсальной головкой. Переключателем *SA1* осуществляются необходимые переключения при переходе с режима записи на режим воспроизведения.

В режиме записи (указанном на схеме) требуемый подъем АЧХ в области верхних частот обеспечивается элементами *L1, R10, C5*, включенными параллельно эмиттерному резистору *R12* транзистора второго каскада. Изменением емкости конденсатора *C5* осуществляют настройку контура

L1C5 на нужную частоту. Уровень подъема устанавливают резистором *R10*. Цепью *C11R13* создается коррекция в области нижних частот. Ток записи регулируют резистором *R7*.

С нагрузки эмиттерного повторителя, резистора *R19* сигнал через цепочку стабилизации сопротивления нагрузки *C10R17*, колебательный контур *L2C7*, защищающий усилитель от высокочастотных токов подмагничивания, подается на универсальную головку. Величину тока подмагничивания устанавливают резистором *R6*.

В режиме воспроизведения магнитная головка подключается ко входу первого каскада, и изменяется цепь коррекции АЧХ переключателем *SA1.4*.

Общий коэффициент усиления универсального усилителя устанавливается переменным резистором *R5*.

2.5. ГЕНЕРАТОР ТОКОВ СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

В бытовых магнитофонах запись осуществляют с высокочастотным подмагничиванием на размагниченную ленту. Размагничивание ленты (стирание записи) производят стирающей головкой, питающейся также током высокой частоты. Для получения токов подмагничивания и стирания используют один генератор высокой частоты. К генераторам токов стирания и подмагничивания предъявляется ряд требований, выполнение которых обязательно. Основными требованиями являются: обеспечение необходимой мощности генератора и создание строго симметричной формы выходного сигнала.

Мощность генератора в основном потребляется головкой стирания. Это можно объяснить малым сопротивлением головки. Потребляемая головкой стирания мощность пропорциональна ширине сердечника и зависит от материала сердечника. Стирающие головки для многодорожечной записи, сердечник которых изготовлен из феррита со слюдяной прокладкой в рабочем зазоре, потребляют значительно меньшую мощность, чем головки с пермаллоевым сердечником и металлической прокладкой. Незначительная потребляемая мощность ферритовых головок объясняется малыми потерями на вихревые токи в сердечнике.

Полезная мощность, которую должен обеспечивать генератор, зависит также от частоты. Чем выше частота стирания, тем большую мощность должен иметь генератор. Чтобы избежать излишнего расхода энергии источников питания, частоту стирания следует выбирать не слишком высокой. Выполнение этого условия особенно важно для переносных магнитофонов. Однако при этом ухудшается качество записи, так как при записи используется подмагничивание с частотой генератора стирания.

При узком рабочем зазоре записывающей головки и большой скорости движения ленты возможна запись тока подмагничивания, ухудшающая шумовые свойства фонограммы. Поэтому частота тока подмагничивания должна быть по крайней мере в 3...5 раз выше верхней записываемой частоты. Учитывая, что для стирания и подмагничивания используют ток одного генератора, а современная головка стирания обладает достаточной экономичностью, частоту генератора выбирают в пределах 40...100 кГц. К стабильности частоты генератора специальных требований не предъявляется. Вполне допустимой можно считать нестабильность частоты до 5 %.

На качество записи большое влияние оказывает асимметрия тока подмагничивания. Асимметрия порядка 1 % приводит к увеличению шумов фонограммы примерно на 4 дБ. Поэтому к этому параметру генератора предъявляются жесткие требования. Причем форма колебаний не обязательно должна быть синусоидальной.

Асимметрия вызывается наличием в выходном сигнале четных гармоник основного сигнала генератора. Обеспечить минимальный уровень

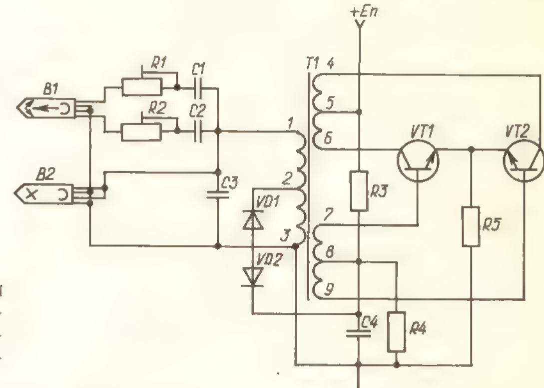


Рис. 2.16. Принципиальная схема двухтактного трансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания

этих гармоник наиболее просто в двухтактных генераторах. Это привело к широкому распространению таких генераторов в современных магнитофонах.

На рис. 2.16 изображена схема двухтактного трансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания. Генератор выполнен по схеме с индуктивной обратной связью на транзисторах *VT1* и *VT2*. Режим работы транзисторов задается резисторами *R3, R4, R5* и стабилизируется цепочкой *R1R2*. Применение диода *VD1* и стабилитрона *VD2* позволяет поддерживать устойчивый режим генерации при изменении величины питающего напряжения на 30...40 %. Регулировку тока подмагничивания осуществляют подстроечными резисторами *R1, R2*. Частота генерируемых колебаний определяется индуктивностью стирающей головки и емкостью конденсатора *C1*.

Для получения формы выходного тока с малой асимметрией необходимо, чтобы плечи генератора были одинаковы. Это значит, что индуктивные и активные сопротивления обмоток *4—5, 7—8* были равны соответствующим сопротивлениям обмоток *5—6, 8—9*. Кроме того, параметры транзисторов также должны быть одинаковыми. В этом случае четные гармоники в выходном сигнале будут отсутствовать, что приведет к снижению асимметрии формы тока.

В последнее время все больше внимания уделяется бестрансформаторным генераторам. Повышенный интерес к таким генераторам можно объяснить появлением новых способов повышения качества магнитной записи, таких, как динамическое подмагничивание и оптимизация тока подмагничивания. Схема простого бестрансформаторного генератора приведена на рис. 2.17. Режим работы транзисторов по постоянному току задается резисторами *R1, R2*. Передача сигнала положительной обработкой связи осуществляется через конденсаторы *C1, C2* с делителя напряжения *C4C3*, предназначенного для регулирования глубины обратной связи. Емкости этих конденсаторов совместно с резистором *R3* влияют на форму высокочастотных колебаний и их амплитуду.

Генератор вырабатывает колебания синусоидальной формы. Частота колебаний задается контуром, состоящим из индуктивности стирающей головки и конденсаторов *C3, C4, C6*. Резистор *R4* служит для установки тока стирания и вместе с конденсатором *C5* образует развязывающий фильтр в цепи питания генератора. Подстроечными резисторами *R6, R7* устанавливают требуемые токи подмагничивания универсальных или записывающих головок.

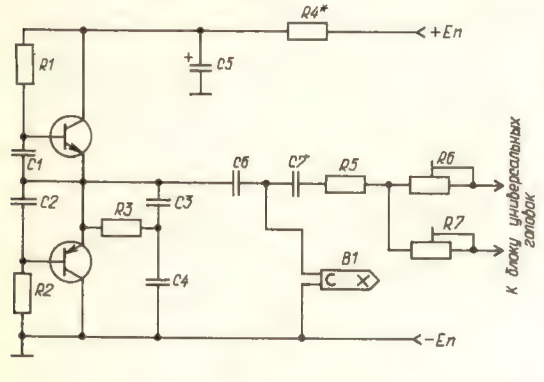


Рис. 2.17. Схема простого бестрансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания

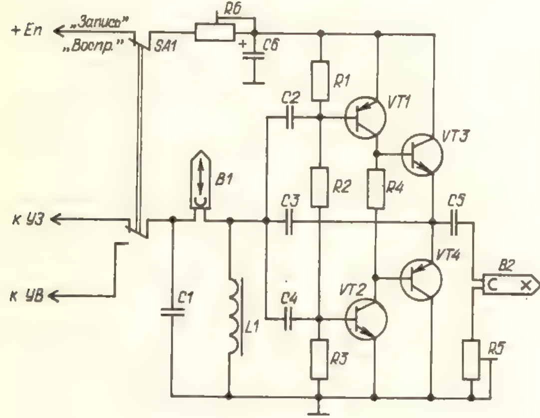


Рис. 2.18. Схема бестрансформаторного генератора токов стирания и подмагничивания с встречно-параллельным включением записывающей головки

На рис. 2.18 изображена схема более сложного бестрансформаторного генератора, в которой реализовано встречно-параллельное включение универсальной головки. Частотно-задающим является контур, составленный из индуктивности стирающей головки и емкости конденсатора *C5*. Сигнал положительной обратной связи через конденсаторы *C2, C4* подается на базы транзисторов *VT1* и *VT2*. Контур, состоящий из индуктивности *L1* и конденсатора *C3*, настроен на частоту генератора и представляет собой последовательный колебательный контур. Это позволило значительно уменьшить амплитуду напряжения, вырабатываемого генератором, т. е. повысить экономичность генератора, что немаловажно для переносных магнитофонов.

Токи подмагничивания и стирания устанавливаются соответственно подстроечными резисторами *R6* и *R5*. Кроме того, на резисторе *R5* можно контролировать форму высокочастотных колебаний, вырабатываемых генератором.

Наряду с двухтактными генераторами находят применение также и однотактные. Они отличаются простотой схемных решений и низкими качественными показателями. Поэтому применяют их в магнитофонах четвертой группы сложности.

2.6. ИНДИКАТОРЫ УРОВНЯ

Качество магнитной записи зависит от уровня намагниченности ленты, который для современных катушечных магнитофонов не должен превышать 320 нВб/м, а кассетных — 250 нВб/м. При малых уровнях намагниченности возрастают шумы фонограммы и сужается динамический диапазон, а большой уровень характеризуется значительным коэффициентом нелинейных искажений записанного сигнала.

Степень намагниченности ленты зависит от тока записи (уровня записи). Поэтому уровень записи следует выбирать таким, чтобы при наибольшей величине сигнала намагниченность не превышала максимально допустимого уровня, характерного для данного типа ленты. Для контроля уровня записи в магнитофонах применяют специальные индикаторы. В состав индикаторов входит электронная схема с выпрямителем, фильтром и указателем.

Основными параметрами индикаторов являются время интеграции (постоянная времени индикатора) и время обратного хода.

Время интеграции показывает минимальную деятельность импульса напряжения звуковой частоты, которая может быть еще отмечена. В зависимости от величины времени интеграции различают индикаторы среднего уровня, пиковые и квазипиковые.

За время обратного хода принимают длительность возврата в первоначальное положение показывающей части индикатора. Оно выбирается в пределах 1,0...2,5 с. Слишком малое время обратного хода затрудняет контроль уровня записи.

Индикаторы среднего уровня строятся на основе стрелочных приборов магнитоэлектрической системы с током полного отклонения стрелки не более 250 мкА. Ввиду значительной инерционности механической части прибора время интеграции таких индикаторов сравнительно большое. Для магнитофонов первой и высшей группы сложности оно выбирается в пределах 150...250 мс, а для остальных — до 350 мс.

Электрическая схема простого индикатора среднего уровня изображена на рис. 2.19, *а*. Он состоит из эмиттерного повторителя на транзисторе *VT1*, выпрямителя на диодах *VD1, VD2* и стрелочного прибора-указателя *PA1*. Применение на входе эмиттерного повторителя с большим входным сопротивлением уменьшает влияние индикатора на контролируемую цепь. Малое выходное сопротивление каскада позволило получить сравнительно небольшое время интеграции, определяемое в основном незначительным прямым сопротивлением диодов *VD1, VD2* и емкостью конденсатора *C4*. Недостатком индикатора является малый диапазон измеряемых уровней.

От указанного недостатка свободен индикатор, построенный по схеме рис. 2.19, *б*. Здесь контролируемый сигнал сначала усиливается каскадом на транзисторе *VT1*, а затем подается на выпрямитель. Это позволяет увеличить сопротивление нагрузки выпрямителя и расширить диапазон измеряемых уровней. Увеличение сопротивления нагрузки выпрямителя осуществляют включением резистора (*R5*) последовательно с прибором *PA1*.

Для контроля уровня записи в стереофоническом магнитофоне могут быть применены отдельные индикаторы в каналах или один индикатор, реагирующий на увеличение уровня сигнала в любом из каналов. Одна из возможных схем такого индикатора приведена на рис. 2.20.

На входе индикатора включен диодный смеситель (*VD1VD2*) сигналов левого и правого каналов. Для повышения чувствительности устройства к диодам через резисторы *R1, R2* с делителя *R3R4* прикладывается небольшое положительное напряжение. Время интеграции определяется

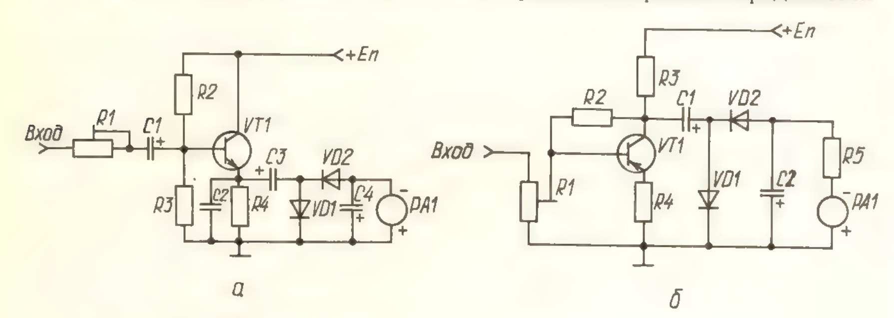


Рис. 2.19. Принципиальная схема индикаторов среднего уровня:
а — без усиления контролируемого сигнала;
б — с усилением контролируемого сигнала

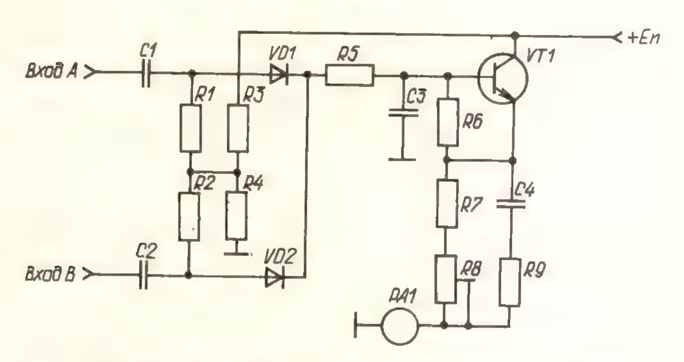


Рис. 2.20. Схема простого индикатора для стереофонического магнитофона

величинами номиналов элементов *R5, C3*, время обратного хода — параметрами цепи, состоящей из конденсатора *C3* и выходного сопротивления эмиттерного повторителя. Чувствительность индикатора устанавливается переменным резистором *R8*.

Основным недостатком индикаторов среднего уровня является невозможность регистрации кратковременных перегрузок канала записи.

Чтобы избежать заметных искажений, возникающих при кратковременных перегрузках, необходим индикатор с малым временем интеграции (5...20 мс). Индикаторы со временем интеграции до 10 мс получили название пиковых, а при времени интеграции 10...20 мс — квазипиковых. Такую классификацию измерителей уровня с малым временем интеграции можно считать условной, так как измерение пиковых значений

сигнала записи — процесс достаточно сложный и не очень нужный для магнитофонов. Поэтому индикаторы с таким временем интеграции следует называть квазипиковыми.

Индикаторы квазипикового уровня (индикаторы перегрузки) могут быть на один, два и более уровня. Схема наиболее простого индикатора на два уровня (+3 дБ и +6 дБ) показана на рис. 2.21.

Устройство предназначено для стереофонического магнитофона и является общим для обоих каналов. Суммирование сигналов происходит

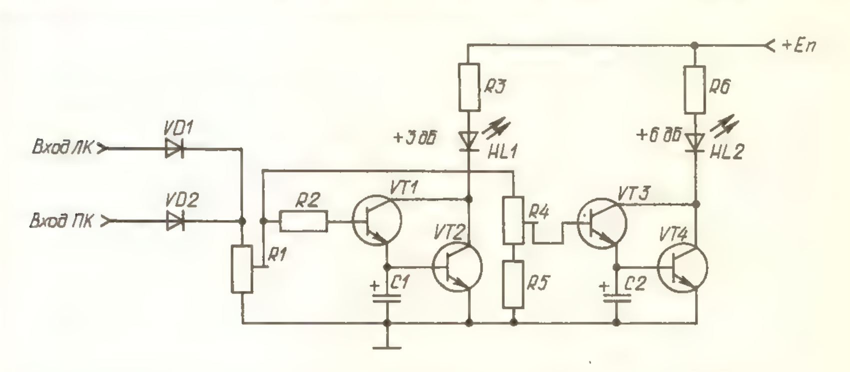


Рис. 2.21. Принципиальная схема пикового индикатора на два уровня

на подстроечном резисторе *R1*, которым устанавливается порог зажигания светодиода *HL1* при уровне сигнала +3 дБ по отношению к номинальному. Светодиод *HL2* показывает уровень сигнала, превышающий номинальное значение на +6 дБ. Уровень зажигания этого светодиода устанавливается подстроечным резистором *R4*. Яркость свечения светодиодов зависит от сопротивлений резисторов *R3* и *R6*.

Однако применение в магнитофоне только квазипикового индикатора не позволяет обеспечить качественную запись. Дело в том, что превышение пикового значения сигнала над усредненным в отдельных музыкальных программах может достигать 20 дБ. Поэтому ориентация при записи на показания такого индикатора приведет к увеличению уровня шума фонограммы. Из сказанного следует, что индикатор уровня записи высококачественного магнитофона должен быть комбинированным, т. е. содержать индикаторы среднего и квазипикового уровня.

Достоверность показаний рассмотренных индикаторов уровня зависит от многих факторов. Одним из них является место включения индикатора. При выборе точки подключения индикатора необходимо учитывать, что усилитель записи имеет цепи коррекции, изменяющие частотную характеристику. Очевидно, что усилитель индикатора должен учитывать особенности частотной характеристики усилителя записи, чтобы не допускать превышения уровня записи. Это требование должно быть учтено и при подключении индикатора к усилителю воспроизведения.

Вторым фактором является выбор схемы выпрямителя. Выпрямитель может быть выполнен по однополупериодной или двухполупериодной схеме. При однополупериодной схеме выпрямления не учитывается второй полупериод записываемого сигнала, который в отдельных случаях может превышать контролируемый на 6 дБ. Это может привести к нелинейным искажениям записанного сигнала. Поэтому целесообразнее применять двухполупериодные выпрямители.

На достоверность измеряемого уровня оказывает влияние также величина входного сопротивления индикатора. Входное сопротивление индикатора должно быть в 10...20 раз больше того участка схемы, к которому он подключается, и не зависеть от частоты контролируемого сигнала, чтобы не вносить дополнительные нелинейные искажения. Кроме того, величина входного сопротивления влияет на динамический диапазон индикатора, который для бытовых магнитофонов должен быть не менее 18 дБ.

В магнитофонах с универсальным усилителем индикатор уровня подключают к тому же каскаду, что и записывающую головку (см. рис. 2.15).

В современных магнитофонах применяются магнитные ленты разной чувствительности и несколько скоростей ее движения. При смене ленты или скорости изменяется и ток записи. Поэтому индикаторы должны иметь не постоянную чувствительность, а изменяющуюся, в зависимости от типа ленты и скорости ее движения. Изменение чувствительности индикатора осуществляют одновременно с переключением типа ленты или скорости.

На чувствительность индикатора оказывает влияние также добротность записывающей (универсальной) головки. При смене головок нередко приходится изменять ток записи, а иногда и частотную коррекцию соответствующего усилителя. Чтобы при этом избежать появления нелинейных искажений, необходима калибровка индикатора уровня записи. Для этой цели служат подстроечные резисторы *R1* (см. рис. 2.19, *а, б*). Если магнитофон стереофонический, то эти резисторы позволяют также сбалансировать каналы, чтобы разбаланс амплитудно-частотных характеристик усилителей записи (универсальных) не превышал 3 дБ.

2.7. УСТРОЙСТВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

К устройствам с таким назначением относятся: автоматическая регулировка уровня записи; системы шумопонижения (шумоподавления); оптимизация тока подмагничивания и динамическое подмагничивание.

Применение перечисленных устройств в большей степени относится к кассетным магнитофонам. Однако применение их в отдельных случаях в катушечных магнитофонах оказывается целесообразным.

Автоматическая регулировка уровня записи

В основу автоматической регулировки уровня записи (АРУЗ) положен принцип автоматической регулировки усиления в радиовещательных приемниках. Отличие состоит в том, что в первом случае регулирование происходит по низкой частоте, а во втором — по высокой. Основное назначение АРУЗ заключается в обеспечении неискаженной записи сигналов с малым уровнем, следующих непосредственно за сигналами с большим уровнем.

Необходимость применения АРУЗ продиктована созданием качественных записей музыкальных и речевых программ с достаточно большим динамическим диапазоном. При записи таких программ приходится непрерывно следить за показаниями индикатора уровня записи и одновременно производить регулировку его. Во-первых, это затруднительно, а во-вторых, даже при тщательном наблюдении избежать кратковременных перегрузок практически не удается. Если же вести запись с пониженным уровнем в расчете на перегрузки, то лента не будет полностью намагничиваться,

что ограничит динамический диапазон записи из-за ухудшения отношения сигнал/шум.

Таким образом, применив АРУЗ, можно повысить качество записи и упростить эксплуатацию магнитофона. При этом индикатор и ручной регулятор уровня записи могут отсутствовать.

Чтобы система автоматической регулировки уровня записи выполняла возложенные на нее функции, она должна отвечать следующим требованиям: точность поддержания выходного уровня сигнала усилителя записи должна быть не менее 1,5...5 дБ при изменении уровня входного сигнала на 25...40 дБ; вносимые нелинейные и частотные искажения должны быть минимальными, иметь малый уровень собственных помех, в том числе при переходных процессах при срабатывании АРУЗ; иметь временную и температурную стабильность.

Основным параметром АРУЗ является ее инертность. Инертность работы АРУЗ характеризуется временем установления (срабатывания) и временем восстановления. Время срабатывания определяет запаздывание системы АРУЗ относительно момента резкого увеличения уровня входного сигнала. Чем меньше время срабатывания, тем меньше искажения записи начальных звуков при скачках входного сигнала. В бытовых магнитофонах время срабатывания выбирают в пределах 20...80 мс.

Время восстановления определяет запаздывание процесса установления амплитуды выходного сигнала относительно момента уменьшения уровня входного сигнала. Чтобы избежать искажений динамического диапазона и не допустить шумов в паузах записи, время восстановления выбирается достаточно большим. Для бытовых магнитофонов оно устанавливается равным 1...5 с при записи речевых программ и 5...20 с — при записи музыкальных программ.

Структурная схема системы АРУЗ изображена на рис. 2.22. Напряжение с выходного усилителя (ВУ) канала записи поступает на усилитель управляющего напряжения (УУН), служащего для развязки цепей канала записи и нелинейных цепей канала управления, а также для усиления сигналов в цепи управления. Выходное сопротивление УУН выбирается малым, чтобы совместно с выпрямителем (Д) и фильтром (Ф) обеспечить необходимое время срабатывания и восстановления АРУЗ. Выпрямитель и фильтр преобразуют сигналы звуковой частоты в медленно меняющееся управляющее напряжение или ток. При необходимости управляющее напряжение усиливается усилителем постоянного тока (УПТ), а затем поступает на регулируемый каскад (РК) усилителя записи. Под действием управляющего напряжения изменяется коэффициент усиления РК.

В реальных схемах АРУЗ отдельные составляющие цепи управления могут отсутствовать. Не всегда, например, применяют усилитель управляющего напряжения и усилитель постоянного тока.

Цепь управления системы АРУЗ может быть включена как в цепь сигнала, так и в цепь отрицательной обратной связи. Примером АРУЗ с регулировкой в цепи сигнала является схема, приведенная на рис. 2.23, *а*, с глубиной регулировки порядка 30 дБ. Как видно из рисунка, регулируемый элемент представляет собой сочетание управляемого источника тока на транзисторе *VT1* и регулируемого делителя напряжения сигнала, состоящего из резистора *R1* и транзистора *VT2* в диодном включении. При увеличении управляющего напряжения, подаваемого на базу транзистора *VT1*, динамическое сопротивление транзистора *VT2* падает, и коэффициент передачи делителя *R1VT2* уменьшается. Порог срабатывания АРУЗ обеспечивается формой входной характеристики транзистора *VT1*. Рассмотренный регулируемый элемент может быть включен после

второго каскада усилителя записи или универсального усилителя. Для нормальной работы устройства необходимо, чтобы следующий каскад имел большое входное сопротивление.

Для получения управляющего напряжения может быть применен однополупериодный выпрямитель, выполненный по схеме рис. 2.23, *б*, включенный на выход универсального усилителя или усилителя записи. Выключатель *SA1* служит для отключения системы АРУЗ в режиме воспроизведения.

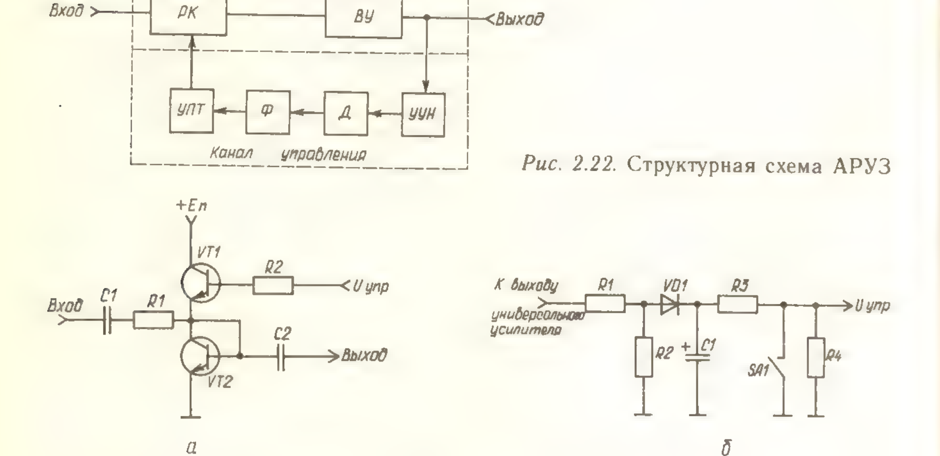


Рис. 2.22. Структурная схема АРУЗ

Рис. 2.23. Схема АРУЗ (*а*) и выпрямителя для получения управляющего напряжения (*б*)

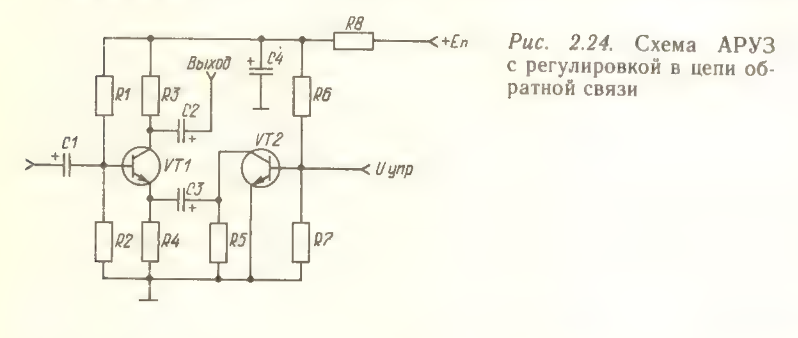


Рис. 2.24. Схема АРУЗ с регулировкой в цепи обратной связи

Схема АРУЗ с регулировкой усиления цепи обратной связи приведена на рис. 2.24. Регулируемым является каскад на транзисторе *VT1*, охваченный отрицательной обратной связью по току. Напряжение обратной связи создается на резисторе *R4*, параллельно которому включена цепочка, состоящая из конденсатора *C2* сравнительно большой емкости и участка эмиттер — коллектор *VT2*. Режим работы транзистора *VT2* выбран так, что при отсутствии управляющего напряжения он открыт и шунтирует резистор *R4*. Коэффициент усиления каскада на *VT1* будет максимальным. При подаче отрицательного управляющего напряжения на базу *VT2* последний закрывается, и шунтирующее действие его на резистор *R4*

уменьшается, что приводит к увеличению напряжения обратной связи и уменьшению коэффициента усиления регулируемого каскада. В таком регуляторе можно получить глубину регулировки уровня сигнала порядка 26 дБ.

Рассмотренные схемы являются простейшими и, безусловно, не позволяют реализовать всех достоинств АРУЗ. В практических схемах применяют более сложные системы.

Системы шумопонижения

Возникновение шумов при записи обусловлено самим принципом магнитной записи звука. Причем уровень шумов возрастает с уменьшением скорости движения ленты и ширины дорожки записи. Усовершенствование техники магнитной записи и создание новых магнитных лент с высокой чувствительностью привело к появлению кассетных магнитофонов, отличающихся экономичностью, малыми габаритами, удобствами в эксплуатации, но с повышенным уровнем шумов. Высокие требования к качеству записи и воспроизведения вызвали острую необходимость в снижении шумов фонограммы, поэтому и были разработаны различные системы шумопонижения (DNL, dbx, ADDES).

Однако ни одна из этих систем не решает полностью проблему улучшения шумовых параметров кассетных магнитофонов. Это связано с принципом работы самого шумоподавителя, который характеризуется взаимосвязанными амплитудными, частотными и временными характеристиками. Произвольное улучшение одного из параметров обычно приводит к ухудшению одного или нескольких других.

Несмотря на очевидные противоречия, различные системы шумопонижения находят все более широкое применение в кассетных, а иногда и в катушечных магнитофонах. В зависимости от принципа работы шумоподавители делят на пороговые, динамические и компандерные.

Пороговые подавители шума относятся к наиболее простым и применяются в тракте воспроизведения для подавления шумов в паузах. Принцип их работы основан на следующем. В паузах, когда шумы проявляются сильнее, уменьшают коэффициент усиления универсального усилителя. Для этого в состав усилителя вводят специальное пороговое устройство, порог срабатывания которого выбирают таким образом, чтобы эффективное снижение шума не сопровождалось сужением динамического диапазона всего магнитофона.

На рис. 2.25 изображена одна из возможных схем порогового ограничителя шума, включенного между первым и вторым каскадами универсального усилителя. Первый каскад усилителя на схеме отсутствует, а второй — выполнен на транзисторе *VT2*. Сигнал с первого каскада через управляемый делитель, состоящий из резистора *R2* и участка коллектор — эмиттер транзистора *VT1*, поступает на вход второго каскада универсального усилителя, выполненного на транзисторе *VT2*. Его входное сопротивление должно быть достаточно большим (порядка 20 кОм).

При отсутствии входного сигнала на базу транзистора *VT1* подается отпирающее напряжение с делителя, состоящего из резисторов *R12...R15* и прямого сопротивления диодов *VD2, VD3*. Малое сопротивление открытого транзистора делителя шунтирует вход входного каскада, что приводит к ослаблению шумов в паузе.

При появлении входного сигнала на выходе усилителя, выполненного на транзисторе *VT3*, появляется напряжение сигнала, выпрямляемое диодами *VD2, VD3*. Это напряжение запирает транзистор *VT1*. Его выходное

сопротивление возрастает до нескольких десятков килоом, и коэффициент передачи входного делителя резко увеличивается, что приводит к увеличению усиливаемого сигнала на базе транзистора *VT2*.

Качество работы порогового подавителя шумов зависит от правильного выбора порога и времени срабатывания. Порог срабатывания устанавливается подстроечным резистором *R13*. Для обеспечения высокой стабильности порога срабатывания в эмиттерную цепь транзистора *VT1* включен в прямом направлении диод *VD1*. Порог срабатывания выбирается таким образом, чтобы получить резкое изменение коэффициента передачи регулируемого делителя при превышении управляющим сигналом выбранного уровня.

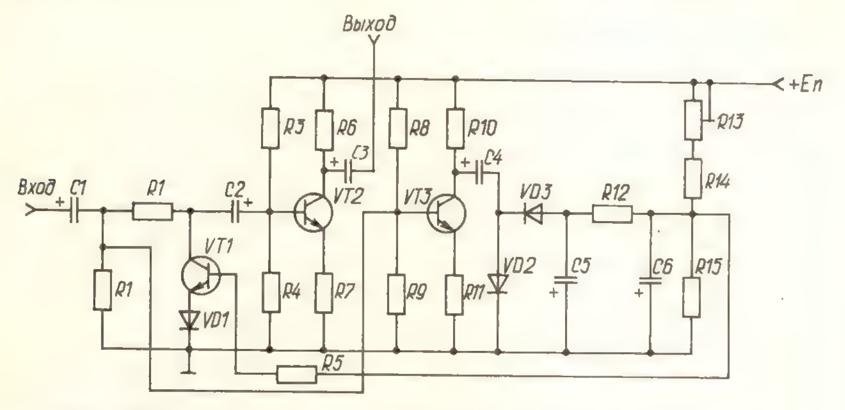


Рис. 2.25. Принципиальная схема порогового ограничителя шумов

Время (скорость) срабатывания практически не может быть бесконечно малым, что приводит к заметности моментов срабатывания шумоподавителя. Кроме того, не обрабатывается сама фонограмма, также содержащая шумы. Указанные недостатки ограничивают применение пороговых подавителей шума.

Динамический ограничитель шума (система DNL) позволяет устранить недостатки пороговых ограничителей. Основой этой системы является управляемый фильтр нижних частот, полоса пропускания которого изменяется в зависимости от уровня высокочастотных составляющих входного сигнала. При малом уровне высокочастотных составляющих полезного сигнала будут хорошо прослушиваться составляющие шума, а при увеличении уровня полезного сигнала шумы маскируются этим сигналом. Ослабить влияние шумов на качество воспроизведения или записи можно изменением полосы пропускания канала звукопередачи таким образом, чтобы через него проходили только полезные составляющие сигнала. Этот принцип и положен в основу динамических ограничителей шума (динамических фильтров).

На рис. 2.26 приведена структурная схема динамического фильтра с автоматической регулировкой полосы пропускания. Выходной сигнал, снимаемый, например, с универсального усилителя, поступает на вход фазовращателя *1*. Фазовращатель формирует два сигнала, сдвинутых относительно друг друга на 180°. Один сигнал поступает непосредственно на сумматор *6*, а второй — через дополнительный канал. Этот канал содержит управляемый фильтр *2* с частотой среза 4,5...6 кГц, усилитель *3*, блок

автоматической регулировки усиления *4* и делитель напряжения *5*. До порога срабатывания АРУ возможна полная компенсация высокочастотных составляющих сигнала, находящихся в противофазе. Чтобы устранить это явление, порог срабатывания выбирается значительно ниже номинального значения уровня входного сигнала (—38...—50 дБ).

Для изменения порога срабатывания иногда применяют специальные переменные резисторы, как это сделано в динамическом фильтре, изображенном на рис. 2.27. В состав устройства входит фильтр на транзисторе

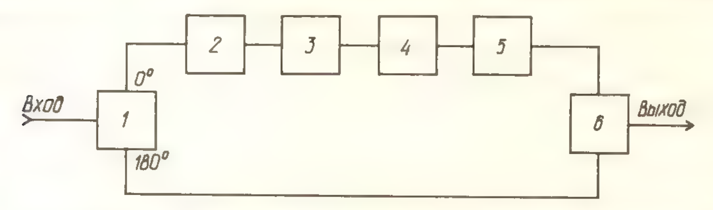


Рис. 2.26. Структурная схема динамического ограничителя шумов

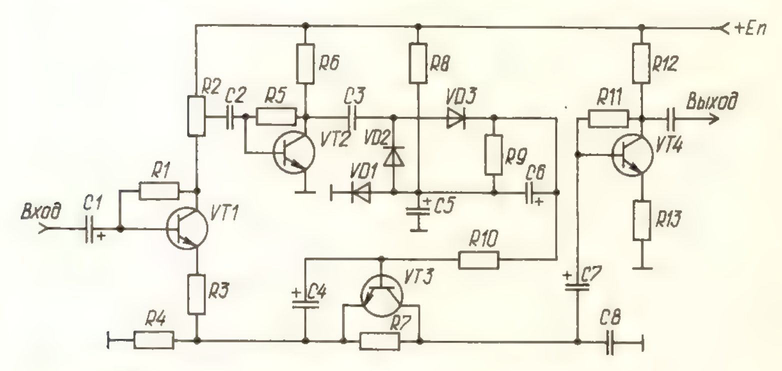


Рис. 2.27. Принципиальная схема динамического фильтра

VT3, резисторе *R7* и конденсаторе *C8*, частота среза которого управляется напряжением выпрямителя, выполненного на диодах *VD2, VD3*, включенного на выходе канала управления, состоящего из каскадов на транзисторах *VT1, VT2*. Начальная частота среза определяется напряжением, снимаемым с диода *VD1*. Нагрузкой выпрямителя с удвоением напряжения служит резистор *R9*. Цепочка *C4R10* устраняет проникновение напряжения управления в цепь сигнала.

Для уменьшения нелинейных искажений входной сигнал перед подачей на управляемый фильтр ослабляется делителем напряжения на резисторах *R3, R4*, а после обработки усиливается каскадом на транзисторе *VT4*.

Изменение порога срабатывания ограничителя осуществляется переменным резистором *R2*.

Работает ограничитель следующим образом. Полезный сигнал усиливается каскадом на транзисторе *VT1*. Часть усиленного сигнала с эмиттерной нагрузки, резистора *R4* снимается и через управляемый фильтр (*VT3R7C8*), конденсатор *C7* и каскад усиления на транзисторе *VT4* поступает на выход ограничителя. Одновременно с резистора *R12* сигнал (преимущественно высокочастотные составляющие) через конденсатор *C2*, каскад усиления на транзисторе *VT2* и конденсатор *C3* поступает

на выпрямитель. Выпрямленный сигнал выделяется на нагрузке выпрямителя (*R9*) пульсации напряжения, сглаживается конденсаторами *C6, C5* и поступает на базу транзистора *VT3*, включенного в схему управляемого фильтра в качестве динамического сопротивления. Выходное сопротивление этого транзистора включено параллельно резистору *R7*. Очевидно, что чем больше положительное напряжение на базе *VT3*, т. е. больший уровень высокочастотных составляющих, тем меньше сопротивление транзистора и большее шунтирование им резистора *R7*. Это приводит к увели-

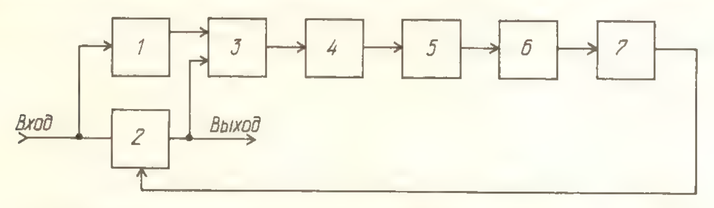


Рис. 2.28. Структурная схема динамического фильтра «Маяк»

чению частоты, ограничивающей полосу пропускания фильтра, что и требуется при больших уровнях сигнала.

Уровень высокочастотных составляющих, подаваемых в канал управления, а следовательно, и порог срабатывания зависят от положения движка переменного резистора *R2*. Нижнее положение движка соответствует минимальному порогу срабатывания.

Основное достоинство динамического фильтра — возможность снижения шумов не только при записи или воспроизведении, но и самой фонограммы. К недостаткам шумоподавителей такого типа относятся изменение динамического диапазона и эффект модуляции шума, который, в принципе, присущ любой системе понижения шума. Этот эффект проявляется в слышимых колебаниях уровня шума при изменениях уровня составляющих полезного сигнала.

Влияние указанных недостатков на качество работы канала звукопередачи в значительной мере ослаблено в отечественном динамическом фильтре «Маяк». Это стало возможным благодаря повышению точности управления полосой пропускания в зависимости от спектра звуковой программы.

Структурная схема динамического фильтра «Маяк» представлена на рис. 2.28. Он состоит из управляемого *2* и неуправляемого *1* фильтров нижних частот, алгебраического сумматора *3*, весового фильтра *4*, ограничителя минимума *5*, дифференциатора *6* и амплитудного детектора *7*.

Обрабатываемый сигнал поступает одновременно на оба фильтра. Частота среза фильтра *1* выбирается равной верхней частоте рабочего диапазона, а частота среза фильтра *2* — переменная (в исходном состоянии она равна 1,5 кГц). Сигналы с выходов фильтров поступают на входы сумматора. В сумматоре сигналы преобразуются таким образом, что на его выходе будут присутствовать составляющие сигналы, расположенные выше частоты среза управляемого фильтра. Весовой фильтр *4*, куда поступает сигнал с сумматора, ослабляет влияние низкочастотных составляющих на качество работы магнитофона. Далее сигнал поступает на ограничитель минимума, устанавливающего порог шумопонижения, и на дифференциатор *6*, изменяющий напряжение управления, превышающего порог срабатывания пропорционально частоте. В амплитудном детекторе *7* напряжение управляющего сигнала преобразуется в

постоянное с требуемым временем установления и восстановления. Выходное напряжение, снимаемое с нагрузки детектора, подается на управляющий вход управляемого фильтра *2* и изменяет его частоту среза.

Работает устройство следующим образом. При отсутствии сигнала на выходе фильтра *2*, а значит, и на соответствующем входе сумматора *3* присутствуют лишь составляющие шума, расположенные в полосе частот до 1,5 кГц. На второй вход сумматора поступает весь спектр шума. В результате вычитания узкополосного шума из широкополосного на выходе сумматора остаются только высокочастотные составляющие. Полученный сигнал проходит через весовой фильтр *4* и ограничитель минимума *5*, на выходе которого управляющий сигнал будет отсутствовать, так как его уровень меньше порога срабатывания. Таким образом, при отсутствии входного сигнала частота среза управляемого фильтра не изменяется и составляющие шума более высоких частот не проходят на его выход.

Рассуждая аналогично, можно показать, что при наличии сигнала на выходе устройства частота среза управляемого фильтра переместится в область более высоких частот и на выходе появятся высокочастотные составляющие обрабатываемого сигнала.

Принципиальная схема динамического фильтра «Маяк» показана на рис. 2.29. Она выполнена с применением аналоговых микросхем К157УД2 и дискретных элементов. Управляемый фильтр нижних частот выполнен на транзисторе *VT2* и операционном усилителе *DA2.2* микросхемы *DA2* по схеме активного фильтра второго порядка. Исходная частота среза фильтра (1,5 кГц) определяется параметрами элементов *R7, C5, C6, R12, C10* и сопротивлениями полевых транзисторов микросборки *DA1*, включенных параллельно резисторам *R7* и *R12*. Сопротивления транзисторов выполняют функции регулируемых резисторов, сопротивление которых регулируется управляющим напряжением на затворах транзисторов. С целью уменьшения нелинейных искажений, возникающих в процессе фильтрации, через цепь *C1R4* на затвор левого транзистора микросборки подается часть напряжения входного сигнала. С этой же целью понижается делителем *R1R2* напряжение на входе устройства с 500 до 25 мВ. Согласование делителя *R1R2* со входом управляемого фильтра обеспечивается эмиттерным повторителем на транзисторе *VT1*.

В устройстве предусмотрены выходы, которые могут быть использованы в качестве линейного выхода шумоподавителя в целом (выход *X1.7*) и для подключения следующих за шумоподавителем устройств с низким входным сопротивлением (выход *X1.6*).

Алгебраический сумматор выполнен на операционном усилителе *SA2.1* микросхемы *DA2*. На неинвертирующий вход сумматора поступает сигнал с эмиттера транзистора *VT2*, а на инвертирующий — с выхода неуправляемого фильтра нижних частот, образованного элементами *R10, C8* и *C9*. Весовой фильтр собран на элементах *C14, R21* и операционном усилителе *DA3.1* микросхемы *DA3*, охваченном цепью частотно-зависимой отрицательной обратной связи *C15R22R24*. Переменный резистор *R32*, подключенный к выходу весового фильтра (выход *X1.3*), регулирует порог шумопонижения. Диоды *VD1, VD2* выполняют функции ограничителя минимума сигнала. Резистор *R33* ограничивает пределы регулирования порога шумопонижения.

Дифференциатор собран на операционном усилителе *DA3.2* микросхемы *DA3*. В цепь охватывающей его отрицательной обратной связи включены элементы *R29, C16*. Элементы *R27* и *C17* ограничивают полосу пропускания дифференциатора, что необходимо для ослабления влияния помех на сигнал управления. На инвертирующий вход этого операционного усилителя с делителя, образованного подстроечным резистором *R28* и

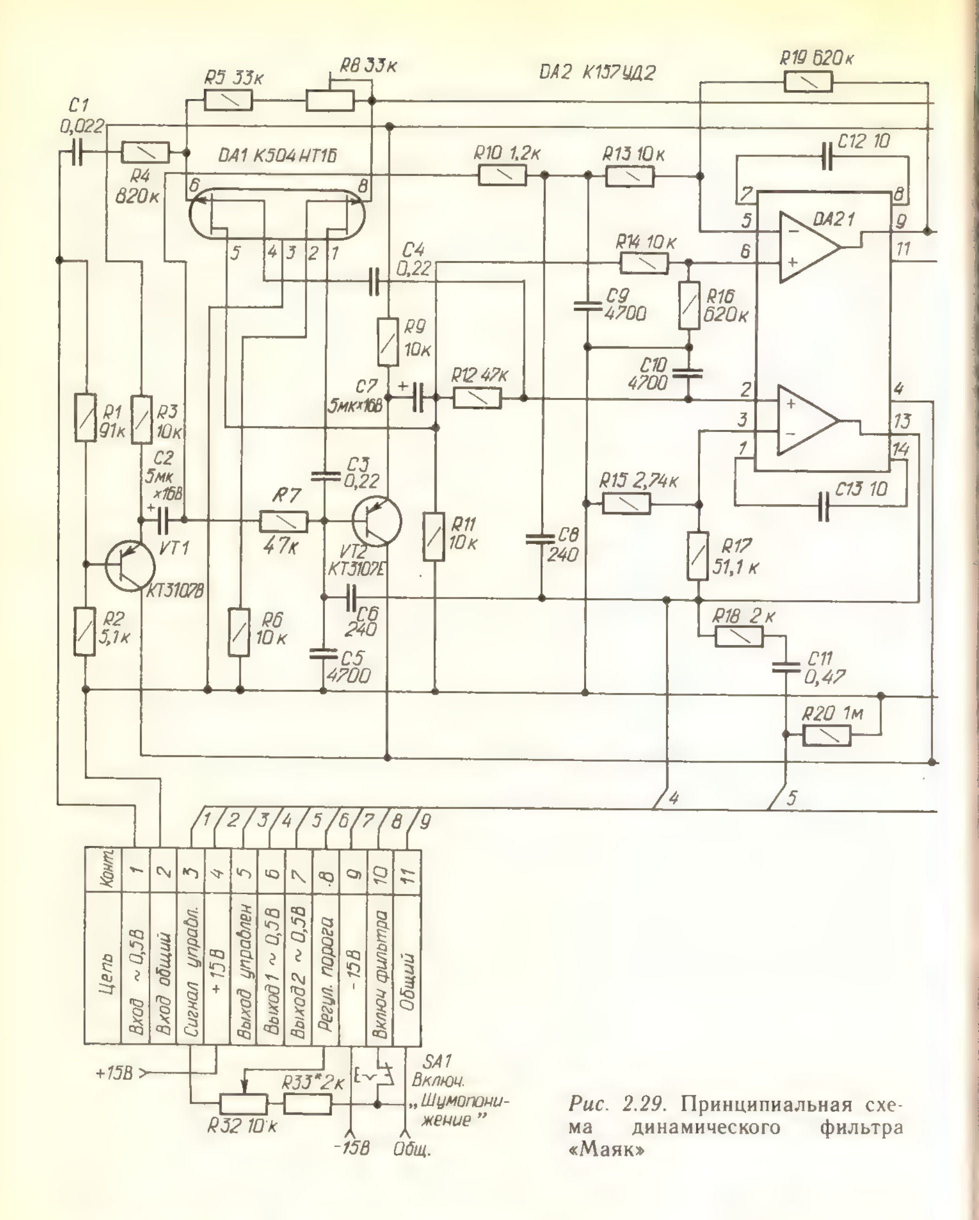
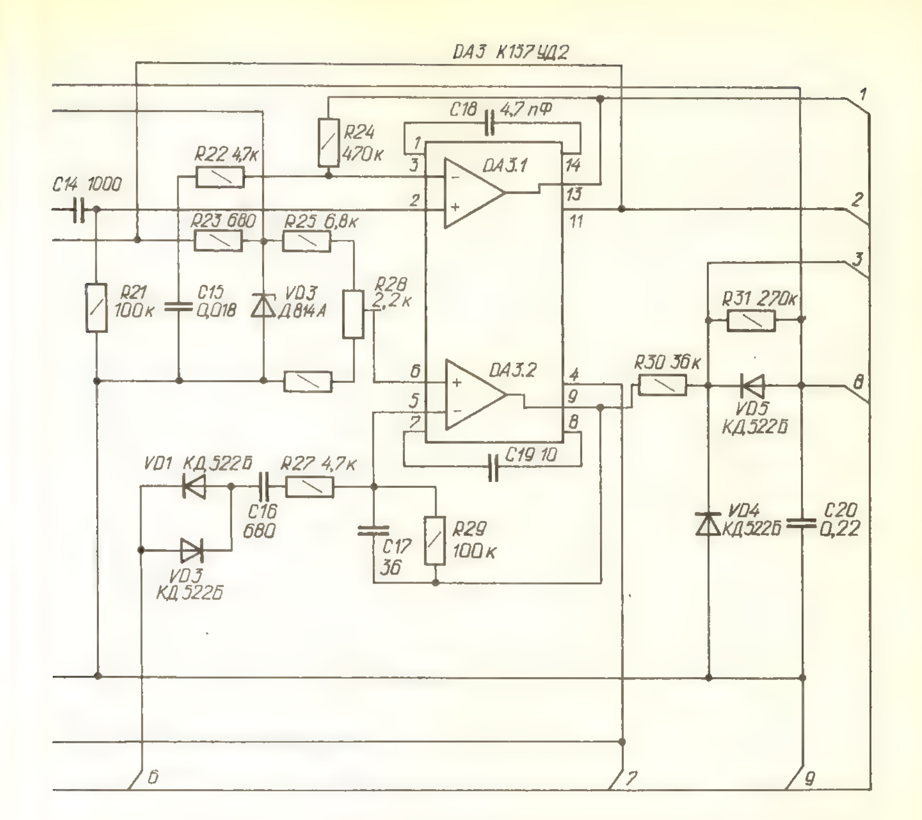


Рис. 2.29. Принципиальная схема динамического фильтра «Маяк»

ограничивающего пределы регулирования резисторами *R25, R26*, поступает часть напряжения положительной полярности, стабилизированного стабилитроном *VD3*. Коэффициент передачи этого усилителя по постоянному току выбран равным 1, поэтому напряжение с его неинвертирующего входа без изменения передается на его выход и через резисторы *R30, R31* подается на затворы полевых транзисторов сборки *DA1*. Изменение величины этого напряжения резистором *R28* и определяет начальную частоту среза управляемого фильтра.

Завершающим звеном в цепи формирования напряжения, управляю-



щего частотой среза фильтра в процессе обработки сигнала, является амплитудный детектор, выполненный на диоде *VD4*.

Следует отметить, что динамический фильтр «Маяк» по своим параметрам превосходит аналогичные системы шумопонижения и не уступает такой известной компандерной системе, как «Долби-В».

Основные технические параметры динамического фильтра «Маяк» следующие:

Ослабление шума:	
на частотах выше 1,5 кГц, дБ, на октаву	12
на частоте 20 кГц, дБ, не менее	40
Минимальный порог шумопонижения, дБ	50
Пределы регулирования порога шумопонижения (при *R*33=2 кОм), дБ	10
Коэффициент передачи	1
Номинальное входное напряжение, мВ	500
Входное сопротивление, кОм, не менее	90
Неравномерность АЧХ, дБ, не более в диапазоне частот 20...15 000	1
Коэффициент гармоник, %, не более	0,3

В настоящее время широко применяется микросхема К157ХП3, реализующая основные принципы динамического фильтра «Маяк».

Компандерные системы шумопонижения. Принцип работы компандерных систем поясняет рис. 2.30. Компрессор (сжиматель), установленный в начале канала записи, преобразует сигнал таким образом, что состав-

ляющие с малым уровнем имеют относительно большое усиление и как бы «отрываются» от уровня шумов (кривая «сжатие» на рис. 2.30, *б*). Для восстановления первоначального закона изменения уровней на выходе усилителя воспроизведения включен экспандер (расширитель), действие которого обратно действию компандера (кривая «расширение» на рис. 2.30, *б*). Особенность такой системы заключается в том, что экспандер должен иметь амплитудную характеристику, обратную характеристике компандера, не только при плавных изменениях уровня сигнала, но и при скачках, чтобы исключить возникновение нелинейных искажений.

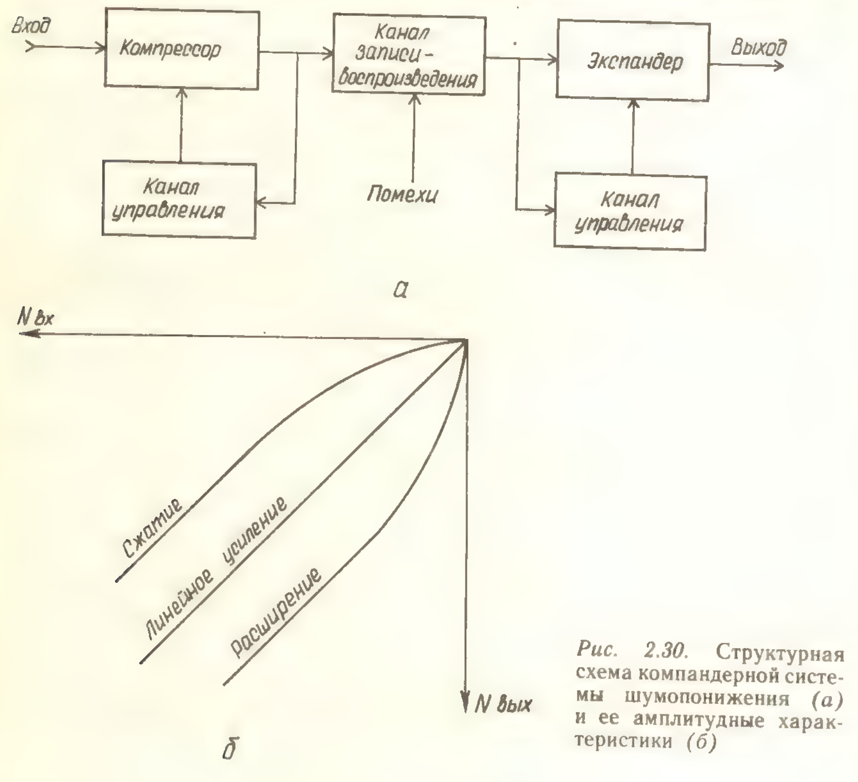


Рис. 2.30. Структурная схема компандерной системы шумопонижения (*а*) и ее амплитудные характеристики (*б*)

В настоящее время известно несколько компандерных систем шумопонижения, среди которых широкое распространение в аппаратуре магнитной записи получила система «Долби», названная так по имени своего изобретателя американского инженера Р. М. Долби. Известны три разновидности системы «Долби»: «Долби-А», «Долби-В» и «Долби-С».

Система «Долби-А» относится к наиболее сложным и применяется в профессиональной аппаратуре. Она содержит несколько (чаще два, четыре) отдельных каналов с разделительными фильтрами на входе, перекрывающими весь диапазон частот записываемых и воспроизводимых сигналов. Таким образом, в данной системе работают практически несколько независимых шумоподавителей — каждый в своей полосе частот, что значительно повышает ее эффективность.

В системе «Долби-В» принцип деления на частотные полосы не

используется. Шум подавляется лишь на частотах, превышающих 1 кГц, поскольку именно эти составляющие шумов наиболее заметны на слух. Частотные характеристики, реализуемые в системе «Долби-В» при записи, показаны на рис. 2.31. Максимальное шумоподавление на высших звуковых частотах составляет 10 дБ. При достаточно высоких уровнях (выше 20 дБ) высокочастотных составляющих сигнал проходит практически без преобразования, это исключает перегрузку ленты на высших частотах, уровень которых дополнительно поднимается в усилителе записи магнитофона.

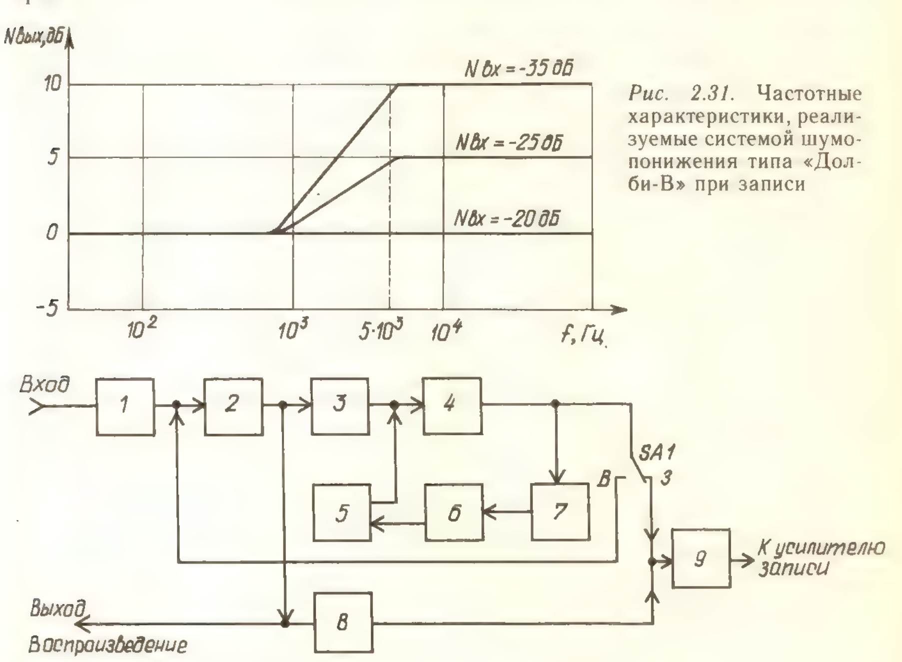


Рис. 2.31. Частотные характеристики, реализуемые системой шумопонижения типа «Долби-В» при записи

Рис. 2.32. Структурная схема системы типа «Долби-В»

Структурная схема устройства шумопонижения, работающего по принципу системы «Долби-В», изображена на рис. 2.32. В режиме записи (переключатель *SA1* в положении «З») каскады *1, 2, 8* и *9* образуют основной канал прохождения сигнала, а каскады *3, 4* — вспомогательный, коэффициентом передачи которого управляют каскады *5, 6, 7*. Управление осуществляется таким образом, что чем меньше уровень высокочастотных составляющих, тем больше коэффициент передачи каскадов вспомогательного канала. Сигналы от основного и вспомогательного каналов суммируются на входе каскада *9*, чем и обеспечивается подъем амплитудно-частотной характеристики в области верхних частот.

В режиме воспроизведения (переключатель *SA1* в положении «В») каскады *3...7* включаются в цепь отрицательной обратной связи, охватывающей каскад *2*. Параметры цепи выбраны такими, что чем больше уровень высокочастотных составляющих, тем больше глубина обратной связи и меньше коэффициент усиления каскада *2*.

Принципиальная схема устройства, работающего по принципу системы шумопонижения «Долби-В», представлена на рис. 2.33. При записи

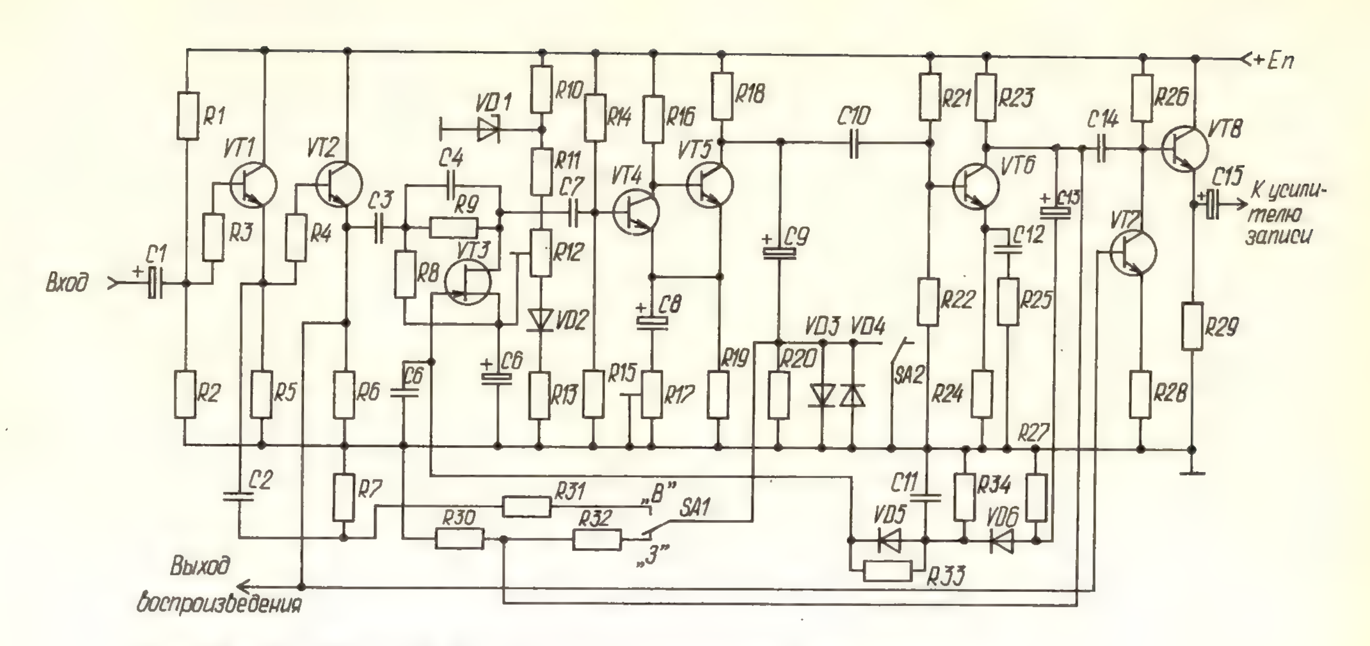


Рис. 2.33. Принципиальная схема системы шумопонижения типа «Долби-В»

сигнал проходит по двум каналам: основному и вспомогательному. Основной канал образован каскадами на транзисторах *VT1, VT2, VT7* и *VT8*, его амплитудно-частотная характеристика линейна. Вспомогательный канал представляет собой компрессор с большим диапазоном регулирования. В него входят *RC*-фильт верхних частей (*C4, R9*), регулируемое звено на транзисторе *VT3* и каскады усиления на транзисторах *VT4, VT5*. Сигнал, прошедший вспомогательный канал, суммируется с сигналом основного канала в цепи базы транзистора *VT8*. Этот же сигнал через конденсатор *C10* поступает на базу транзистора *VT6*, выполняющего роль вспомогательного каскада усиления в цепи регулирования. Усиленный сигнал выпрямляется диодами *VD5, VD6* и используется для управления смещением на затворе транзистора *VT3*, коэффициент передачи которого зависит от уровня высокочастотных составляющих. Влияние этих составляющих на суммарный сигнал тем больше, чем меньше их уровень. Напряжение на истоке транзистора *VT3* устанавливается резистором *R12*, включенным в цепь параметрического стабилизатора на стабилитроне *VD1*. Диоды *VD3, VD4* ограничивают выбросы сигнала в цепи управления при появлении на входе шумоподавителя сигналов большого уровня с крутым фронтом, т. е. устраняют возможные нарушения работы схемы управления в динамическом режиме.

Подстроечный резистор *R17*, регулирующий глубину отрицательной обратной связи между каскадами на транзисторах *VT4, VT5*, устанавливает порог срабатывания шумоподавителя. Для уменьшения нелинейных искажений, возникающих в процессе работы шумоподавителя, управляющее напряжение на затворе транзистора *VT3* проходит двухзвенную цепь выпрямления и сглаживания на элементах *VD6, R34, C11* и *VD5, R33* и *C5*.

В режиме воспроизведения основной канал прохождения сигнала состоит из каскадов на транзисторах *VT1* и *VT2*, а регулируемое звено на транзистор *VT3* и усилитель на транзисторах *VT4* и *VT5* образуют цепь отрицательной обратной связи, охватывающей каскад на транзисторе *VT2*. Напряжение обратной связи создается на резисторе *R7* и через конденсатор *C2* подается на базу транзистора *VT2*. Как и при записи, глубина отрицательной обратной связи (параметры регулировки) зависит от частоты и уровня сигнала таким образом, что уменьшение коэффициента передачи при малых уровнях сигнала компенсирует соответствующий подъем усиления при записи, поэтому результирующая амплитудно-частотная характеристика шумоподавителя в целом линейна. Это значит, что компрессирование при записи соответствует экспандированию при воспроизведении.

При необходимости шумоподавитель может быть выключен переключателем *SA2*, замыкающим накоротко выход схемы авторегулирования.

На рис. 2.34 представлена структурная схема шумоподавителя системы «Долби-С». Она также предназначена для бытовой аппаратуры магнитной записи звука и представляет собой два включенных последовательно каскада шумопонижения типа «Долби-В». В этой системе используются каскады с плавно изменяемой полосой пропускания, которые работают в одном частотном диапазоне, но реагируют на сигналы разных уровней. Частота среза фильтра верхних частот уменьшена до 375 Гц. В отличие от системы «Долби-В» система «Долби-С» более сложная, но обеспечивает шумопонижение в начале динамического диапазона до 20 дБ.

Для исключения возможности перегрузки ленты на верхних частотах и уменьшения интермодуляционных искажений в систему введена схема «антинасыщения».

В заключение следует отметить, что при использовании компандерных

шумоподавителей обязательно выполнение ряда условий: амплитудно-частотная характеристика магнитофона должна охватывать весь частотный спектр записываемого сигнала с неравномерностью не более 2...3 дБ; уровни сигналов на входе компандера при записи и воспроизведении не должны отличаться более чем на 2 дБ и т. д. Современная техника магнитной записи позволяет выполнить первое условие, так как разработаны магнитофоны с верхней частотой записи-воспроизведения 16...20 кГц. Выполнение второго условия в большей степени зависит от качества ленты.

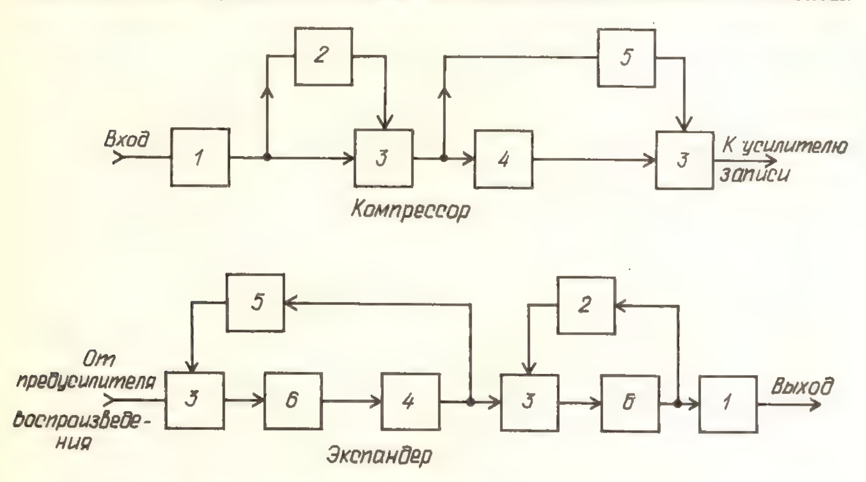


Рис. 2.34. Структурная схема системы шумопонижения типа «Долби-С»:
1 — устройство ограничения и восстановления спектра на верхних частотах; *2* — блок обработки сигналов с высоким уровнем; *3* — сумматор; *4* — схема антинасыщения; *5* — блок обработки сигналов с низким уровнем; *6* — инвертор

Установлено, что после 10 воспроизведений уровень сигнала частотой 14 кГц, записанного на ленте Fe_2O_3, уменьшается по сравнению с первым воспроизведением почти на 5 дБ.

Очевидно, что в таких условиях компандерные шумоподавители, очень чувствительные к рассогласованию уровней сигналов записи и воспроизведения, не обеспечивают точной «зеркальности» обработки этих сигналов. Это приводит к значительным (до 10 дБ) динамическим искажениям амплитудно-частотной характеристики магнитофона и затруднениям при обмене фонограммами.

Оптимизация тока подмагничивания является еще одним шагом на пути повышения качества записи. Как известно, для высококачественного звуковоспроизведения амплитудно-частотная характеристика канала записи-воспроизведения должна быть равномерной и горизонтальной во всем рабочем диапазоне частот. Это может быть достигнуто соответствующим выбором частотных предыскажений и коррекции при заранее установленном оптимальном для данного типа ленты токе подмагничивания. Однако ленты даже одного типа, но разного полива могут отличаться друг от друга по своим характеристикам. В результате может измениться амплитудно-частотная характеристика записи в области верхних частот.

Устранить это нежелательное явление можно более тщательным подбором величины тока подмагничивания. Для этого необходимо исполь-

зовать два генератора низкой частоты, работающие на частотах 400 Гц и верхней граничной частоте рабочего диапазона, которыми может быть дополнен магнитофон.

Функциональная схема стереофонического магнитофона со вспомогательными генераторами, элементами настройки и необходимой коммутацией показана на рис. 2.35. Смысл регулировки магнитофона заключается в том, чтобы установить одинаковые показания индикаторов *PA1* и *PA2* при воспроизведении фонограмм с записью сигналов от вспомогательных

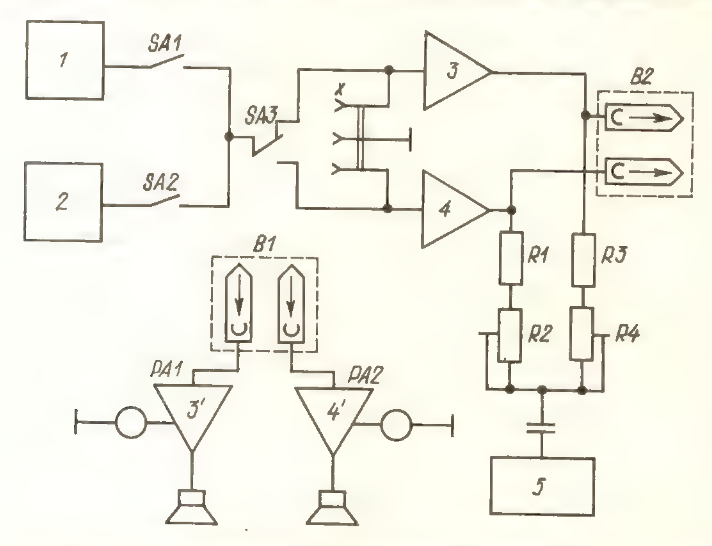


Рис. 2.35. Функциональная схема магнитофона с элементами оптимизации тока подмагничивания:

1 — генератор на 400 Гц; *2* — генератор на $F_В$; *3* и *3*[1] — усилители записи и воспроизведения левого канала; *4* и *4*[1] — усилители записи и воспроизведения правого канала; *5* — генератор токов стирания и подмагничивания

генераторов. Установку тока подмагничивания осуществляют резисторами *R2, R4*. Естественно, что такую регулировку лучше выполнить в магнитофонах со сквозным каналом. Однако и при универсальном тракте магнитофона возможна установка оптимального тока подмагничивания. Для этого необходимо произвести несколько контрольных записей при различных токах подмагничивания и выбрать такое положение движков резисторов *R2, R4*, когда показания обоих индикаторов будут совпадать. Чтобы устранить возможность перемодуляции ленты, показания индикаторов должны быть не более 10 % от номинальных. Такую операцию проводят для обоих каналов, если магнитофон стереофонический.

Процесс установки оптимального тока подмагничивания легко поддается автоматизации.

Динамическое подмагничивание как способ повышения качества записи высокочастотных составляющих сложного сигнала известно с 1979 года. Принцип работы такого устройства основан на динамическом изменении величины тока высокочастотного подмагничивания в зависимости от уровня и спектрального состава записываемого сигнала. Если в спектре

сигнала уровень высокочастотных составляющих невелик, то запись осуществляется обычным способом при постоянной величине тока подмагничивания. Высокочастотные потери при этом компенсируются соответствующими предыскажениями в усилителе записи. С увеличением уровня высокочастотных составляющих автоматически снижается ток высокочастотного подмагничивания таким образом, что сумма токов подмагничивания и высокочастотного сигнала записи остается постоянной. Это позволяет компенсировать дополнительные частотные потери, связанные с

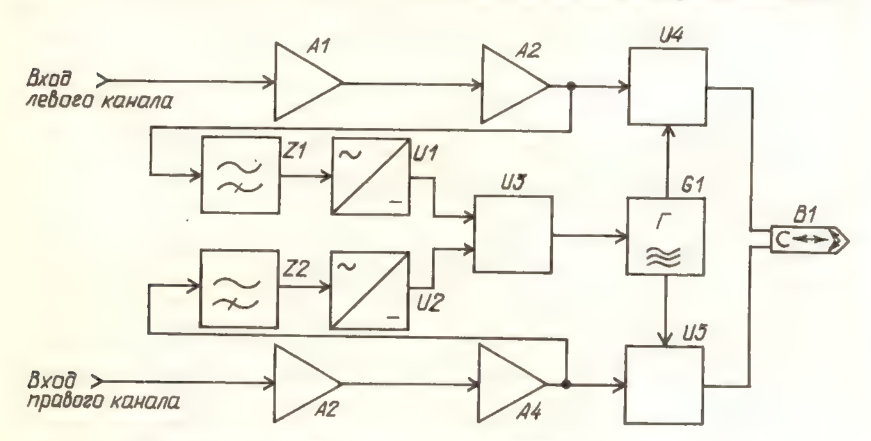


Рис. 2.36. Структурная схема системы динамического подмагничивания

увеличением уровня намагничивающего поля головки записи, пропорционального уровню записываемого сигнала.

Уменьшение величины тока подмагничивания, как правило, приводит к повышению нелинейных искажений среднечастотных составляющих. В данном случае этого не происходит, так как большой уровень высокочастотных составляющих сигнала действует по отношению к среднечастотным составляющим как дополнительный подмагничивающий сигнал.

В настоящее время известно несколько систем динамического подмагничивания («Долби-HX», «Долби-HX Professional», ARDS, DYNEQ и др.), отличающихся схемотехническими решениями и эффективностью работы. На рис. 2.36 представлена структурная схема системы динамического подмагничивания, разработанная советским инженером Н. Суховым.

Сигнал, предназначенный для записи, усиливается предварительным каскадом усилителя записи с линейной амплитудно-частотной характеристикой *A1 (A2)*, а затем выходным каскадом с цепями частотной коррекции *A3 (A4)*. С выхода усилителя записи *A3 (A4)* сигнал поступает на перестраиваемый фильтр $Z_1(Z_2)$. Характеристики этого фильтра выбраны такими, чтобы обеспечить оптимальный уровень подмагничивания на разных частотах записи. Выделенный фильтром сигнал детектируется прецизионным детектором $U_1(U_2)$ и подается на преобразователь уровня U_3, которым формируется напряжение, необходимое для управления уровнем подмагничивания. Характеристики детекторов U_2, U_2 и преобразователя U_3 выбраны такими, что с увеличением уровня высокочастотных составляющих сигнала записи ток подмагничивания уменьшается настолько, чтобы получить линейную амплитудно-частотную характеристику.

Ток подмагничивания регулируется изменением напряжения питания генератора токов стирания и подмагничивания. Каскады U_4 и U_5 представляют собой цепи суммирования сигналов записи и подмагничивания, с выходов которых суммарный сигнал поступает на блок головок.

Применение системы динамического подмагничивания позволяет расширить динамический диапазон магнитофона как при малых, так и при высоких скоростях движения ленты. Динамический диапазон кассетного магнитофона может быть расширен на 6...8 дБ, а катушечного — на 2...3 дБ. Кроме того, применение динамического подмагничивания позволяет увеличить отношение сигнал/шум, так как оптимальный ток подмагничивания устанавливается автоматически.

2.8. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ АППАРАТУРЫ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Одним из перспективных направлений усовершенствования техники магнитной записи является применение интегральных микросхем, выполняющих функции отдельных блоков магнитофона. С этой целью разработаны микросхемы серий К157 и К547, предназначенные для применения в стереофонических катушечных и кассетных магнитофонах второй и первой группы сложности с универсальным или сквозным каналом записи-воспроизведения.

Микросхема К157УД1 представляет собой универсальный операционный усилитель средней мощности. Она позволяет усиливать напряжения с частотами до 100 кГц.

Операционный усилитель К157УД1 можно использовать не только в аппаратуре магнитной записи, но и в другой радиоэлектронной аппаратуре. Широкая область применения микросхемы объясняется отсутствием внутренней коррекции. Микросхема имеет ограничители пиковых значений выходного тока, повышающих надежность усилителя.

Типовая схема включения усилителя приведена на рис. 2.37, *а*. Для повышения устойчивости при работе с различными нагрузками желательно кроме основной коррекции, подключаемой между выводами *1...3* или *1...5*, и соединения выводов *2* и *6* через конденсаторы с общим проводом устройства, подключать дополнительную *С*-цепь между выводами *3* и *5* микросхемы.

Основные электрические параметры микросхемы приведены в табл. 2.1, 2.2.

Микросхема К157УД2 — двухканальный операционный усилитель универсального назначения с малым уровнем собственных шумов. Типо-

Таблица 2.1. **Предельно допустимые режимы эксплуатации некоторых микросхем**

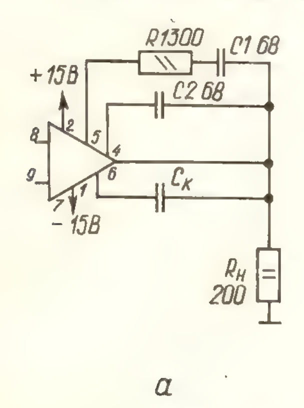
Показатели	К157УД1	К157УД2
Диапазон питающих напряжений, В	±3...±20	±3...±18
Синфазные напряжения, не более, В	±20	±18
Выходной ток, не более, мА	300	—
Рассеиваемая мощность в интервале температур −25...+25 °С, не более, Вт	0,5*, 1**	0,5

* Без внешнего теплоотвода.

** С внешним теплоотводом и площадью поверхности не менее 18 см^2.

Таблица 2.2. **Микросхемы, их параметры и режимы измерения**

Микросхема	Режим измерения			К, не менее	
	$R_н$, кОм	$U_{и.п.}$, В	t, °C	F=0...50 Гц	F_1=20 кГц
		±15	25±10	50 000	—
			70±3	30 000	—
К157УД1	0,2		−25±3	50 000	—
		±18		50 000	—
		±3	25±10	30 000	—
	0	±5		—	—
			25±10	50 000	300...800
		±15	70±3	20 000	—
К157УД2	2		−25±3	50 000	—
		±18		50 000	—
		±3	25±10	30 000	—
	0	±15		—	—



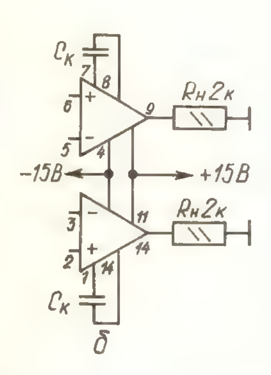


Рис. 2.37. Типовые схемы включения:
а — микросхемы К157УД1; *б* — микросхемы К157УД2

вое значение напряжения шумов, приведенных по входу усилителя, составляет 1,6 мкВ в полосе частот 20...20 000 Гц.

Микросхема содержит входной, промежуточный каскады и усилитель мощности. Входной каскад выполнен по дифференциальной схеме с генератором тока и работает в режиме микротоков. Промежуточный каскад усиливает входной сигнал по напряжению. Для получения максимального усиления во входном и промежуточном каскадах применена динамическая нагрузка. Усилитель мощности — двухтактный с защитой от короткого замыкания на выходе как при положительной, так и при отрицательной полярности выходного напряжения.

Схема включения микросхемы изображена на рис. 2.37, *б*. Устойчивость работы каждого операционного усилителя с замкнутой петлей отрицательной обратной связи обеспечивается подключением корректирующих конденсаторов к выводам *1, 14* или *7, 8* микросхемы. Корректирующие конденсаторы могут быть включены и между другими выводами.

Основные электрические параметры микросхемы приведены в табл. 2.1.

$U_{вых\ макс}$, В, не менее	$U_{см}$, мВ, не более	$I_{вх}$, нА, не более	$I_{вх}$, нА, не менее	$I_{пот}$, мА, не более	$I_{к з}$, мА		$F_{среза}$, МГц, не менее	ρ^2, В/мкс, не менее	$K^3_{ос.ск.}$, дБ, не более
					не менее	не более			
±12	±5	500	150	9	—	—	0,5	0,5	—
±12	±8	600	200	9	—	—	—	—	—
±11,5	±8	1500	500	11	—	—	—	—	—
±15	±8	500	200	10	—	—	—	—	—
±1,2	±6	600	300	8	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	400	1000	—	—	—
±13	±10	500	150	7	—	—	1	0,5	−80
±12,5	±12	500	150	7	—	—	—	—	—
±12,5	±12	1000	300	9	—	—	—	—	—
±15,5	±12	500	150	9	—	—	—	—	—
±1,8	±10	800	300	7	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	45	—	—	—

Примечания:

1. Корректирующая емкость равна 5 пФ.
2. Значения скорости нарастания выходного напряжения приведены для ОУ, включенных по схеме повторителя напряжения.
3. Коэффициент ослабления сигнала соседнего канала (переходное затухание).
4. Предельно допустимые параметры.

Микросхема К157УЛ1 — двухканальный усилитель воспроизведения для стереофонических магнитофонов с низким уровнем шумов. Напряжение шумов, приведенное ко входу усилителя воспроизведения кассетного магнитофона, в полосе частот 20...20 000 Гц, может быть получено не более 0,5 мкВ, что обеспечивает отношение сигнал/шум не менее 54 дБ.

Функциональная схема усилителя и схема ее включения приведены на рис. 2.38.

Уменьшение собственных шумов микросхемы достигнуто применением режима микротоков во входном и основном усилителях и большими коэффициентами усиления.

На выходе усилителя — эмиттерный усилитель с динамической нагрузкой, что позволяет обеспечить хорошее согласование микросхемы с последующими каскадами магнитофона. Кроме того, усилитель на выходе имеет защиту от короткого замыкания.

АЧХ усилителя задается внешней цепью отрицательной обратной связи по току, включаемой выходом усилителя и эмиттером первого транзистора. Коэффициент усиления определяется сопротивлением внешнего резистора, включенного между выводами *1, 3 (7, 5)*. Для получения максимального усиления основного усилителя и устранения отрицательной обратной связи по переменной составляющей между выводами *14, 3 (8, 5)* включают конденсатор большой емкости. Устойчивость работы усилителя обеспечивается включением конденсатора между выводами *2, 3 (6, 5)*. Емкость конденсатора зависит от индуктивности магнитной головки и требуемой формы амплитудно-частотной характеристики.

Основные электрические параметры микросхемы

Номинальное напряжение питания, В 9
Коэффициент усиления по напряжению в полосе частот 20...20 000
Гц без отрицательной обратной связи (ООС), не менее 8000...13 000

Потребляемый ток (по двум каналам), мА, не более	3...6
Входное сопротивление, кОм, не менее	60
Выходное сопротивление, Ом, не более	300
Коэффициент гармоник при $U_{вых}=1$ В, $F=400$ Гц, %, не более	0,2
Переходное затухание, дБ, не менее	—70
Напряжение шумов, приведенное ко входу, в полосе частот 20 Гц... 20 кГц при сопротивлении источника сигнала 10 Ом, $\tau_{нч}=3180$ мкс, $\tau_{вч}=70$ мкс, мкВ, не более:	
для К157УЛ1А	0,3
для К157УЛ1Б	0,6...1,0

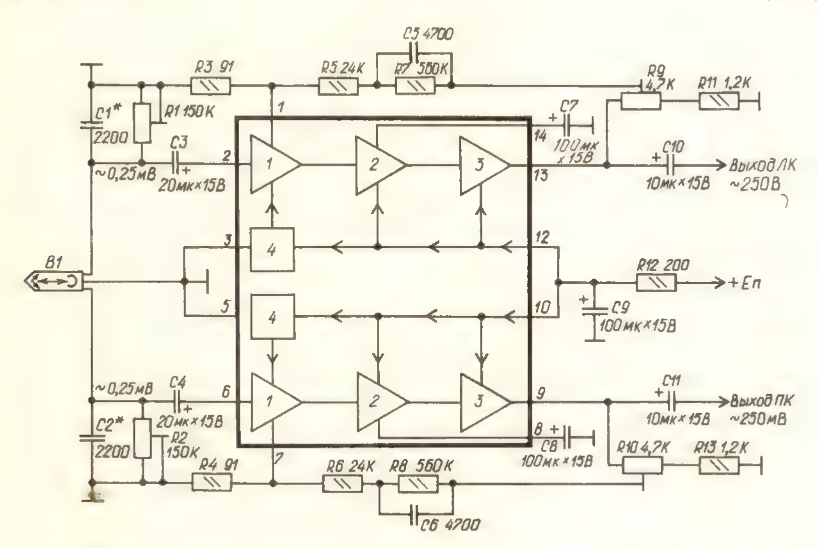


Рис. 2.38. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157УЛ1:

1 — входной каскад; *2* — каскад основного усиления; *3* — выходной каскад; *4* — стабилизатор режима первого каскада

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Диапазон питающих напряжений, В	8,1...20
Входной ток, мА, не более	1
Выходной ток, мА, не более	5
Рассеиваемая мощность, мВт, не более	250

Микросхемы К157УП1 и К157УП2 представляют собой две модификации двухканального микрофонного усилителя, совмещенного с двухканальным предварительным усилителем записи. И микрофонный, и предварительный усилители записи обладают малым уровнем шумов и обеспечивают усиление сигналов от 160 мкВ и 10 мВ до стандартного уровня линейного выхода магнитофона. Микросхемы предназначены для применения как в высококачественных магнитофонах, так и в другой низкочастотной стереофонической аппаратуре.

Функциональная схема, совмещенная с типовой схемой включения микросхемы К157УП1 и элементами АРУ, приведена на рис. 2.39.

Микрофонный усилитель содержит три каскада и обеспечивает усиление, равное 42 дБ, при включенной внешней нагрузке. Стабильность характеристик усилителя зависит от глубины отрицательной обратной

связи как по постоянному, так и по переменному току, создаваемой внешним резистором, включенным между выводами *2, 3* и *7, 6*. Сопротивление этого резистора влияет также на входное сопротивление усилителя. Если его сопротивление равно 270...280 кОм, то входное сопротивление усилителя равно примерно 2 кОм.

Предварительный усилитель записи также выполнен по трехкаскадной схеме. На входе и выходе усилителя включены эмиттерные повторители, облегчающие согласование как с источником сигнала, так и с последующими каскадами усиления. Коэффициент усиления предварительного усилителя уменьшен до 24 дБ за счет увеличения глубины отрицательной обратной связи.

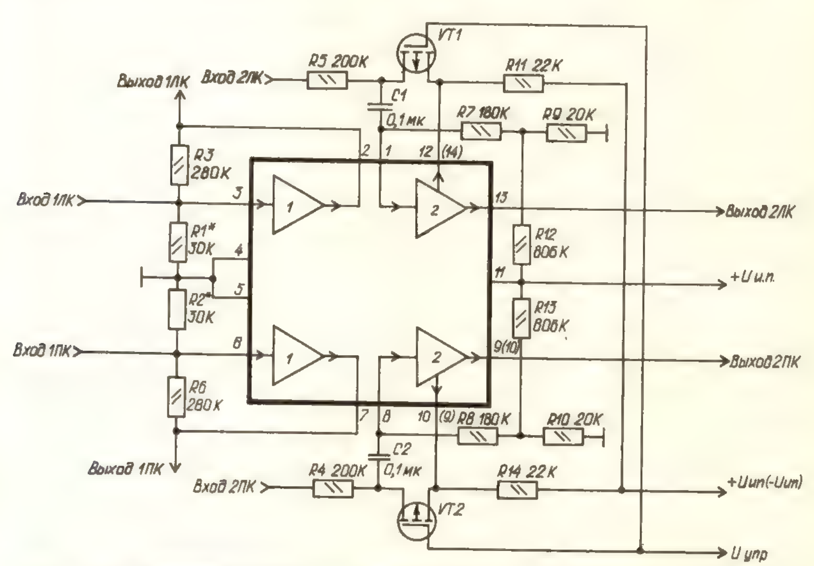


Рис. 2.39. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157УП1 (К157УП2)

Для получения максимальной неискаженной амплитуды выходного напряжения на вход усилителя (вывод *1* и *8*) следует подавать напряжение смещения около 0,3 В (резисторы *R7, R9, R12* и *R8, R10, R13*). Сопротивления этих резисторов влияют на величину входного сопротивления.

Для уменьшения нелинейных искажений, вносимых регулирующим элементом АРУ (транзисторы *VT1, VT2*), в микросхеме предусмотрены дополнительные выводы *12, 10* для микросхемы К157УП1 и *14, 9* для микросхемы К157УП2, на которые поступает инвертированное входное напряжение через эмиттерные повторители, выполненные на транзисторах *p — n — p*-структуры для К157УП1 и *n — p — n* — для К157УП2.

По электрическим параметрам микросхемы идентичны, но отличаются цоколевкой.

Основные электрические параметры микросхем

Номинальное напряжение питания, В	12
Потребляемый ток (по двум каналам), мА	5...9,5
Коэффициент усиления микрофонного усилителя	100...165
Коэффициент усиления предварительного усилителя записи	19,5...28

Коэффициент гармоник микрофонного усилителя при $U_{вых}=1$ В, $F=400$ Гц, %, не более 0,2
Коэффициент гармоник предварительного усилителя записи при $U_{вых}=1{,}5$ В, $F=400$ Гц, %, не более 0,2
Напряжение шумов, приведенное ко входу микрофонного усилителя в полосе частот 20 Гц...20 кГц, при сопротивлении источника сигнала 200 Ом, мкВ, не более 0,6...1,0
Напряжение шумов, приведенное ко входу предварительного усилителя записи в полосе частот 20 Гц...20 кГц, при сопротивлении источника сигнала 16 кОм, мкВ, не более 3,2...5,2
Входное сопротивление микрофонного усилителя, кОм 1,6...2,4
Входное сопротивление предварительного усилителя записи, кОм 160...240
Выходное сопротивление микрофонного усилителя, кОм, не более 5
Выходное сопротивление предварительного усилителя записи, кОм, не более 1
Переходное затухание, дБ, не менее —70

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Диапазон питающих напряжений, В 3...15
Выходной ток микрофонного усилителя, мА, не более 3
Выходной ток предварительного усилителя записи, мА, не более 3
Рассеиваемая мощность, мВт, не более 250

Микросхема К157ДА1 представляет собой двухканальный двухполупериодный выпрямитель среднего значения сигналов и предназначена для управления приборами индикации.

Каждый канал микросхемы содержит предварительный усилитель и преобразователь двухполярного сигнала в однополярный. Выходные напряжения на нагрузке каждого канала микросхемы (конденсаторы *C1*, *C2*) и стрелочных индикаторах имеют положительную полярность. Уровни выходных напряжений соответствуют с высокой точностью средневыпрямленным значениям входных сигналов в диапазоне свыше 50 дБ.

Предварительные усилители являются операционными и содержат необходимые цепи коррекции амплитудно-частотной характеристики.

Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ДА1 приведены на рис. 2.40.

Основные электрические параметры микросхемы К157ДА1

Номинальное напряжение питания, В ±15
Коэффициент усиления по напряжению 7...10
Выходное напряжение, В, не менее 9
Выходное напряжение покоя, мВ, не более 50
Выходной ток каждого канала, нА, не более 200
Потребляемый ток в отсутствие сигнала (по двум каналам), мА, не более 1,6
Выходной ток каждого канала, мА, не менее 2,5...6,0

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Диапазон питающих напряжений, В ±3...±20
Верхняя граничная частота, кГц, не менее 100
Рассеиваемая мощность (в диапазоне температур —25...+25 °С), мВт, не более 500
Диапазон рабочих температур, °С —25...+70

Микросхема К157ХП1 представляет собой двухканальное устройство управления приборами индикации пиковых значений сигналов и формирования сигналов управления для систем АРУЗ.

Функциональная схема и схема включения микросхемы К157ХП1 приведены на рис. 2.41. В состав входят: предварительные усилители *1*; индикаторные усилители *2*; источник образцовых и смещающих напряжений *3*; выпрямитель АРУЗ *4*. Для индикации могут быть использованы светодиоды, лампы накаливания и др. Постоянная времени индикации определяется емкостью конденсаторов *C1* и *C2*.

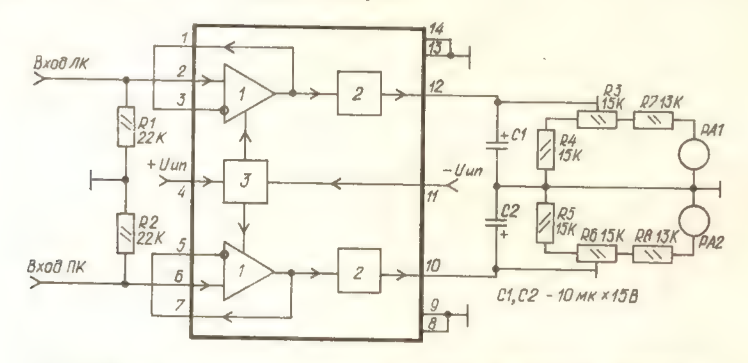


Рис. 2.40. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ДА1:

1 — буферные усилители; *2* — преобразователи двухполярного сигнала; *3* — стабилизатор режима

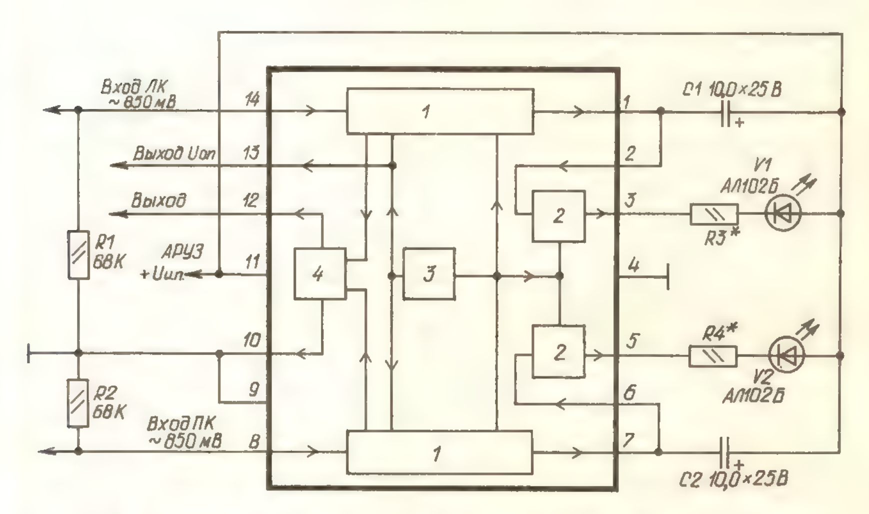


Рис. 2.41. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ХП1:

1 — предварительные усилители; *2* — индикаторные усилители; *3* — источник образцовых и смещающих напряжений; *4* — выпрямитель схемы АРУЗ

Основные электрические параметры микросхемы К157ХП1

Номинальное напряжение питания, В	15
Выходное эталонное напряжение, В	1,21...1,35
Напряжение порога срабатывания по выходу индикаторного усилителя и системы АРУЗ, В	1,0...1,45

Напряжение отпускания по выходу индикаторного усилителя и системы АРУЗ, В, не менее	0,9
Выходной ток предварительного усилителя, мА	4...10
Входной ток покоя индикаторного усилителя, мкА	35...65
Выходное напряжение предварительного усилителя, В	5...10
Максимальный выходной ток закрытого индикаторного усилителя, мкА, не более	1,0
Выходной ток покоя выпрямителя системы АРУЗ, нА, не более	30
Выходной ток предварительного усилителя, мкА, не более	2

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Диапазон питающих напряжений, В	7,2...20;0
Напряжение на входах предварительного усилителя, В, не более	+7
Выходной ток по выводам 3, 5, мА, не более	70
Выходной ток по выводам 10, 12, мА, не более	10
Потребляемый ток, мА, не более	5...9
Рассеиваемая мощность, мВт, не более	250
Диапазон рабочих температур, °С	—25...+70

Микросхема К157ХП2 может быть использована для создания генератора токов стирания и подмагничивания и стабилизатора напряжения с электронным управлением.

На рис. 2.42 приведены функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ХП2, которая включает в себя: источник образцового напряжения *4* с устройством управления временем включения и выключения; усилитель сигнала рассогласования *3*; регулирующий элемент *2* с токовой и тепловой защитой; выходной делитель *1* и отдельные транзисторные структуры с цепями смещения для создания генератора токов стирания и подмагничивания.

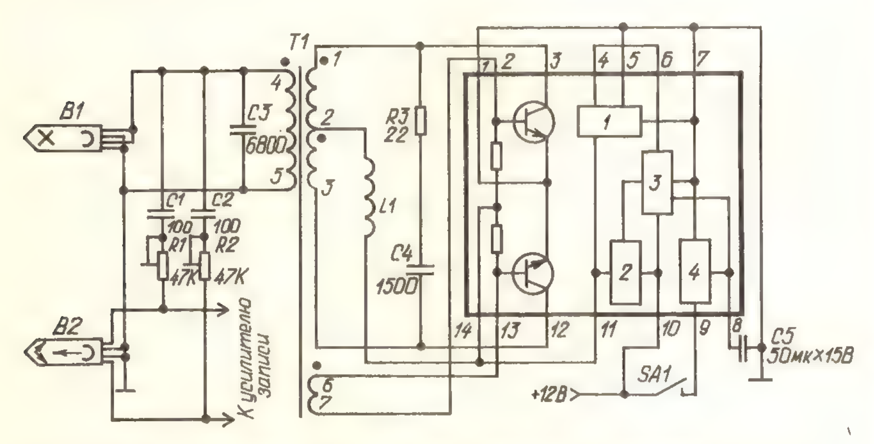


Рис. 2.42. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ХП2: *1* — выходной делитель; *2* — регулирующий элемент с тепловой и токовой защитой; *3* — усилитель рассогласования; *4* — источник образцового напряжения с устройством управления временем включения и выключения

Генератор токов стирания и подмагничивания собран по двухтактной трансформаторной схеме и питается от внутреннего стабилизатора напряжения. В стабилизаторе предусмотрена возможность изменения выходного напряжения как внутренним делителем, так и внешним. При использовании внешнего делителя можно установить выходное напряже-

ние от 1,3 до 33 В. Для нормальной работы стабилизатора входное напряжение должно превышать выходное не менее чем в 2,5 раза. При использовании внутреннего делителя выходное напряжение можно изменять в пределах от 1,3 до 12 В. Для этого необходимо соответствующим образом соединить выводы микросхемы (табл. 2.3).

Возможность изменения напряжения, питающего генератор, облегчает установление необходимых токов стирания и подмагничивания при работе магнитофона с различными типами лент. Время включения и выключения выходного напряжения стабилизатора определяется емкостью конденсатора *C5*, подключаемого к выводам *7* и *8* микросхемы.

Таблица 2.3. **Коммутация выводов для получения напряжения требуемой величины**

Напряжение, В	Соединяемые выводы
12	5, 6
10,5	4, 5, 6
3	4, 4 и 5, 7
5,5	4, 6
3	5, 6 и 4, 11
1,3	6, 11

Основные электрические параметры микросхемы К157ХП2

Пределы регулирования выходного напряжения, В	1,3...33,0
Выходное напряжение закрытого стабилизатора, В, не более	0,1
Ток холостого хода, мА	3,2...7,0
Входной ток усилителя сигнала рассогласования, мкА, не более	0,5
Выходной ток устройства управления временем включения, мА	1,0...2,6
Ток, потребляемый устройством управления временем включения, мА	1,0...2,9
Коэффициент нестабильности по напряжению, не более	±0,002
Коэффициент нестабильности по току, не более	±0,01
Относительный температурный коэффициент выходного напряжения, %, °С, не более	±0,05
Ток короткого замыкания, мА, не более	150...450

Параметры транзисторных структур

Напряжение насыщения коллектор — эмиттер при $I_к=100$ мА, $I_б=2{,}5$ мА, В, не более	0,75
Напряжение насыщения база — эмиттер при $I_к=100$ мА, $I_б=2{,}5$ мА, В, не более	1,25
Начальный ток коллектора при $R_б=10$ кОм, мкА, не более	1,0

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Входное напряжение, В	4...40
Выходной ток стабилизатора, мА, не более	150
Напряжение коллектор — эмиттер транзисторных структур, В, не более	40

Микросхема К157ХП3 предназначена для систем понижения шумов при прослушивании звуковых программ. Она может быть применена как самостоятельная динамическая система понижения шумов, так и совместно с компандерными системами. Возможность применения микросхемы в отечественной системе шумопонижения «Маяк» позволяет широко применять ее в электроакустической аппаратуре всех групп сложности.

Основой микросхемы является управляемый фильтр нижних частот (УФ), полоса пропускания которого автоматически изменяется в зависимости от спектра входного сигнала. Функциональная и типовая схемы включения К157ХП3 приведены на рис. 2.43.

Управляемый фильтр с перестраиваемой частотой среза выполнен на операционном усилителе *A3*. Форма АЧХ УФ определяется соотношением емкостей конденсаторов *C4* и *C6* в цепи отрицательной обратной связи и емкостью конденсатора *C8* на входе усилителя.

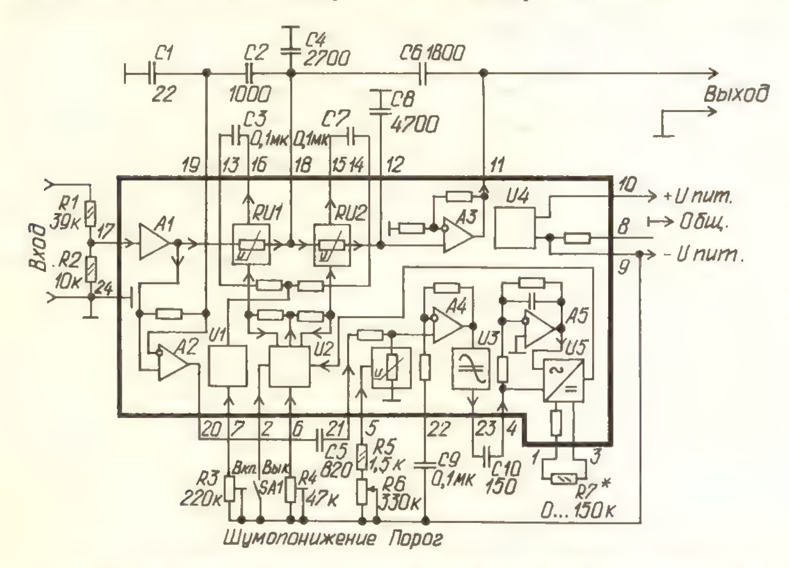


Рис. 2.43. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К157ХП3

Канал управления состоит из алгебраического сумматора *A2*, управляющего усилителя *A4*, ограничителя минимума U_3, частотного корректора-дифференциатора *A5*, амплитудного детектора U_5, регулятора U_1 начального (нижнего) значения частоты среза и ограничителя-регулятора U_2 конечного (верхнего) значения частоты среза. В блоке U_4 объединены источники эталонного напряжения и стабилизированных токов. Начальное и конечное значения верхней граничной частоты можно изменять соответствующим выбором емкостей конденсаторов *C4, C6, C8*. Кроме того, предусмотрена раздельная установка этих частот изменением минимального (*R23*) и максимального (*R24*) сопротивлений, управляемых напряжением резисторов *RV1* и *RV2*. В качестве управляемых резисторов применены МДП-транзисторы.

Порог шумопонижения устанавливается как с помощью регулируемого резистора *R3*, так и соответствующим выбором внешнего делителя. Порог определяется суммарным сопротивлением резисторов *R5, R6*. При *R6* = 0 он находится на уровне — 30 дБ, а при *R6* = 330 кОм достигает 50 дБ. Резистор *R5* предотвращает выход микросхемы из нормального режима работы при повышении напряжения питания и полностью введенном резисторе *R6*.

Эффект понижения шума динамической системой, выполненной на микросхеме К157ХП3, основан на следующем. При отсутствии входного

сигнала или очень малом уровне высокочастотных составляющих в его спектре полоса пропускания управляемого фильтра ограничивается начальной граничной частотой, равной 800...1600 Гц (в зависимости от установленного начального значения частоты среза). Сужение полосы пропускания приводит к снижению общего уровня шумов на выходе устройства.

При появлении во входном сигнале высокочастотных составляющих достаточного уровня полоса пропускания УФ расширяется, но возрастающий при этом шум не воспринимается слухом, так как уровень полезного сигнала значительно превышает уровень шума.

Основные электрические параметры микросхемы К157ХП3

Коэффициент усиления напряжения при $U_{вх}=100$ мВ на частоте 400 Гц	4,7...5,3
Ослабление усиления на верхней граничной частоте, дБ, при $U_{вх}=100$ мВ, на частоте, кГц: 20	2,5...1,0
100; на частоте, кГц:	
20	2,5...1,0
32	−3
$U_{вх}=10$ мВ, на частоте, кГц: 1,0	−3
2,5	−3
$U_{вх}=3{,}2$ мВ, на частоте, кГц, 6	−3
$U_{вх}=1{,}0$ мВ, на частоте, кГц, 10	−26
$U_{вх}=0{,}32$ мВ, на частоте, кГц, 6	−3
Коэффициент гармоник, %, при $U_{вх}=400$ мВ на частотах 400 и 20 000 Гц	0,5
Входной ток через вывод 17, мкА	0,5
Выходной ток через выводы *13, 14* ($U_{вх}=0$), мкА	13...26
Выходной ток через выводы *13, 14*, мкА, на частоте 10 кГц, при $U_{вх}$ мВ:	
1,0	3...10
10	150...450
Максимальный выходной ток через вывод *11*, мА, при $U_{вх}=\pm3$ В	6...20
Максимальное входное напряжение (амплитудное значение), В	пит.
Выходное напряжение покоя, В	±0,5
Максимальное выходное напряжение, В, при $U_{вх}=3$ В	±11
Приведенное ко входу напряжение шумов, мкВ, в диапазоне 20 Гц... 20 кГц, при $U_{вх}=0$	15
Напряжение питания, В:	
$+U_{пит}$	+5...+18
$-U_{пит}$	−9...−18
Коэффициент неидентичности динамических сопротивлений сток-исток (для группы Г), дБ, не более	3

Все остальные параметры измерены при напряжении питания ±15 В.

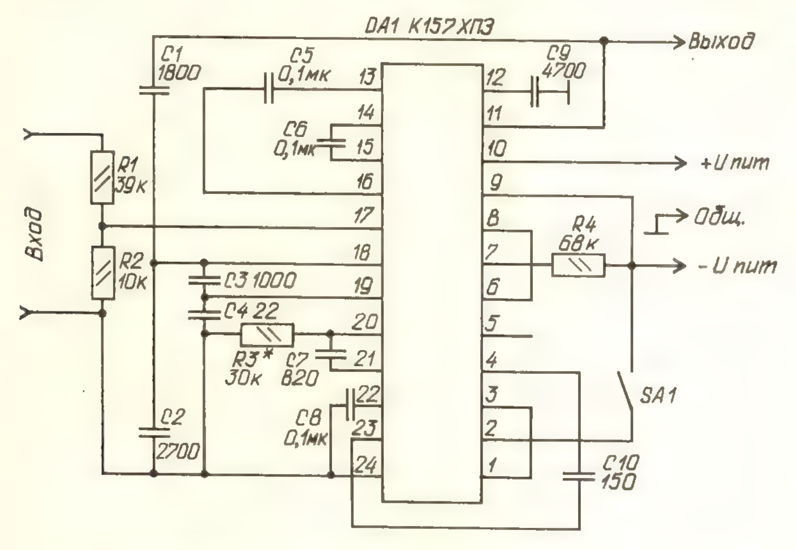
На рис. 2.44 приведена практическая схема динамического шумоподавителя на микросхеме К157ХП3 с фиксированным порогом срабатывания, который устанавливается резистором *R8*.

Микросхема К547КП1 содержит четыре идентичных ключа на полевых транзисторах с изолированным затвором (МОП) и предназначена для переключения аналоговых сигналов. Открывают ключи подачей на затворы напряжения отрицательной полярности, которое должно превышать максимальное отрицательное напряжение коммутируемого сигнала.

Для закрывания ключей на затворы должно быть подано положительное напряжение. Ключи имеют большое отношение сопротивлений в проводящем и закрытом состояниях, хорошую изоляцию по постоянному току между цепями управления (затвором) и коммутируемого сигнала (сток, шток).

Принципиальная схема микросхемы К547КП1 приведена на рис. 2.45.

Внутри серии микросхемы разделены на четыре группы (А, Б, В, Г), отличающиеся максимально допустимым напряжением между стоком (истоком) и подложкой. Для микросхем группы Г, кроме того, нормируется коэффициент идентичности сопротивлений между стоком и истоком транзисторов.



2.44. Принципиальная схема динамического фильтра на микросхеме К157ХП3

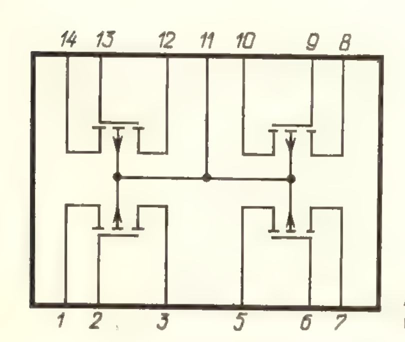


Рис. 2.45. Принципиальная схема микросхемы К547КП1

Основные электрические параметры микросхемы К547КП1

Пороговое напряжение, В	—3...—6
Динамическое сопротивление в открытом состоянии, Ом, не более	100
Ток утечки при предельно допустимых напряжениях, нА, не более	50
Ток утечки закрытого ключа, нА, не более	50

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Напряжение между подложкой и затвором, В, не более	40
Напряжение между стоком (истоком) и подложкой, В, не более:	
для группы А	30
для группы Б	25
для группы В	15
для группы Г	15
Наибольший коммутируемый ток, мА	20
Рассеиваемая мощность (в диапазоне температур −25...+25 °С), мВт, не более	500
Диапазон рабочих температур, °С	−25...+70
Напряжение эмиттер — база транзисторных структур, В, не более	7
Постоянный ток коллектора транзисторных структур, мА, не более	150
Рассеиваемая мощность (в диапазоне температур −25...+25 °С), Вт	1,0

Описание работы производится по обозначениям на схемах, прилагаемых к магнитофонам.

Потребляемый ток (от одного источника), мА, при $U_{вх}=0...8{,}5$:

при напряжении питания ±12 В

при напряжении питания ±16,5 В

Микросхема К174УН12 представляет собой двухканальный усилитель низкой частоты, предназначенный для электронной регулировки громкости с возможностью выбора оптимальной тонкоррекции и баланса в стереофонической аппаратуре первой и второй групп сложности.

В состав микросхемы входят преобразователи 1 и управляемые напряжением усилители 2. Функциональная и типовая схема включения микросхемы приведена на рис. 2.46.

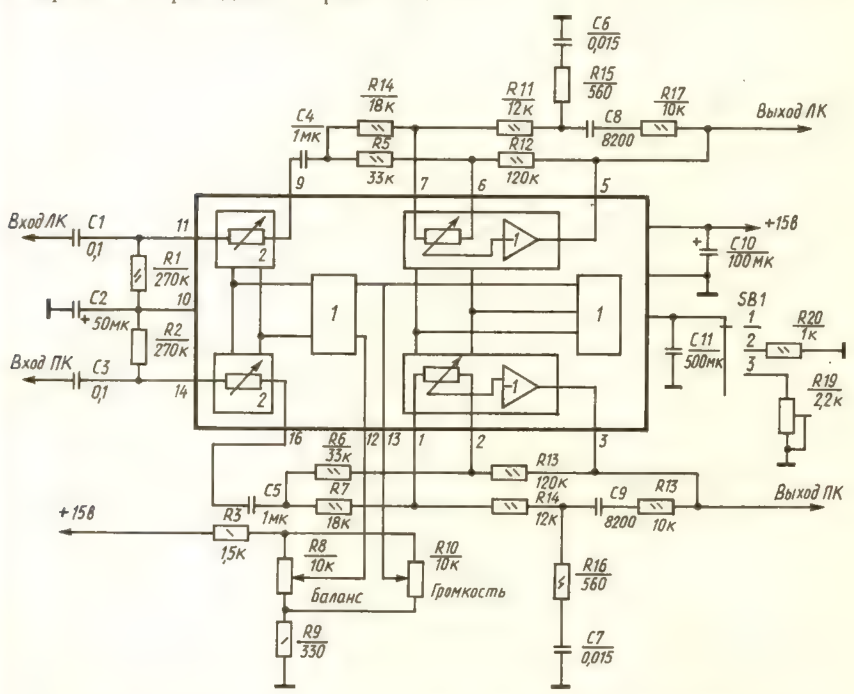


Рис. 2.46. Функциональная и типовая схемы включения микросхемы К174УН12

Основные электрические параметры микросхемы К174УН12

Номинальное напряжение питания, В	±15
Номинальный ток потребления, мА, не более	40
Предельные частоты усиления, Гц	
нижняя	20
верхняя	20 000
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	0,5
Диапазон регулировок, дБ, не менее	
уровня громкости	77
баланса	±6
Отношение сигнал/шум при $U_{вх}$=100 мВ, дБ, не менее	52
Максимальное управляющее напряжение на выводах *12* и *13*, В, не более	12
Сопротивление нагрузки, кОм, не менее	15

Переключатель *SB1* (рис. 2.46) позволяет выбирать режим тонкоррекции: положение 1 — тонкоррекция отключена; 2 — стандартная тонкоррекция; 3 — возможность подбора оптимальной тонкоррекции.

Глава 3

ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ МАГНИТОФОНОВ

3.1. МАГНИТОФОН-ПРИСТАВКА «ОРБИТА МП-121-С»

Магнитофон-приставка относится к бытовой аппаратуре магнитной записи звука I группы сложности, третьего поколения. Представляет собой односкоростной, кассетный, четырехдорожечный магнитофон с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В ± 10 % и электронным управлением. Предназначен для записи информации от различных источников с последующим воспроизведением через усилители звуковых частот.

В магнитофоне предусмотрены:

1) раздельная по каналам регулировка уровня записи;

2) воспроизведение фонограмм через линейный выход и головные телефоны;

3) запись от внешнего микрофона, другого магнитофона, электропроигрывающего устройства, радиовещательного и телевизионного приемников, радиотрасляционной линии;

4) ручная установка и индикация уровня записи;

5) индикация уровня воспроизведения;

6) возможность регулировки напряжения на линейном выходе;

7) возможность оперативной регулировки величины тока подмагничивания;

8) возможность работы с тремя типами магнитной ленты (МЭК-I, II, III);

9) световая индикация режимов работы;

10) возможность управления с помощью квазисенсорного переключателя режимов;

11) режим «Память» в счетчике расхода ленты;

12) перемотка ленты в обоих направлениях;

13) поиск по паузе (длительность паузы не менее 4с);

14) возможность контроля записываемого сигнала прослушиванием на головные телефоны;

15) система шумопонижения.

Основные технические данные

Номинальная скорость движения ленты, см/с	4,76
Коэффициент детонации, %, не более	±0,12
Рабочий диапазон частот на линейном выходе, Гц, не уже	
для ленты типа МЭК I	40...14 000
для ленты типа МЭК II	31,5...18 000
для ленты типа МЭК III	31,5...18 000
Полное взвешенное отношение сигнал/шум, дБ, не менее	
для ленты типа МЭК I	51
для ленты типа МЭК II	56
для ленты типа МЭК III	56
Коэффициент нелинейных искажений по третьей гармонике, %, не более	2
Рассогласование амплитудно-частотных характеристик стереоканалов на линейном выходе в диапазоне частот от 250 до 6300 Гц, дБ	2
Выходное напряжение на линейном выходе, мВ	500±100
Уровень сжатия-расширения системы шумопонижения, дБ	$10^{+1}-4$
Среднее отклонение от номинальной скорости, %, не более	+1...−0
Потребляемая мощность, ВА, не более	18
Масса, кг, не более	6,2
Габариты, мм	320×320×128

Описание электрической принципиальной схемы

Электрическая функциональная схема магнитофона представлена на рис. 3.1. В состав магнитофона входят: основной блок магнитофона (БОМ-12); блок управления и индикации (БУИ-12); блок датчика вращения (ДВ); лентопротяжный механизм (МПЛ); блок индикации счетчика расхода ленты (БИС-12).

БОМ-12 предназначен для выполнения следующих функций:

1) усиление сигналов от источников программ с необходимой коррекцией АЧХ в режиме «Запись»;

2) усиление сигналов от магнитной головки с необходимой коррекцией в режиме «Воспроизведение»;

3) выработка напряжения высокой частоты для подмагничивания универсальной головки и питания головки стирания;

4) переключение цепей коррекции АЧХ при работе с различными магнитными лентами;

5) снижение уровня шумов магнитной ленты в канале записи и воспроизведения;

6) электронное переключение режимов записи-воспроизведения;

7) электронное включение системы шумопонижения;

8) усиление сигналов до напряжения, достаточного для прослушивания на головные стереотелефоны;

9) обеспечение питания схемы магнитофона рабочими напряжениями;

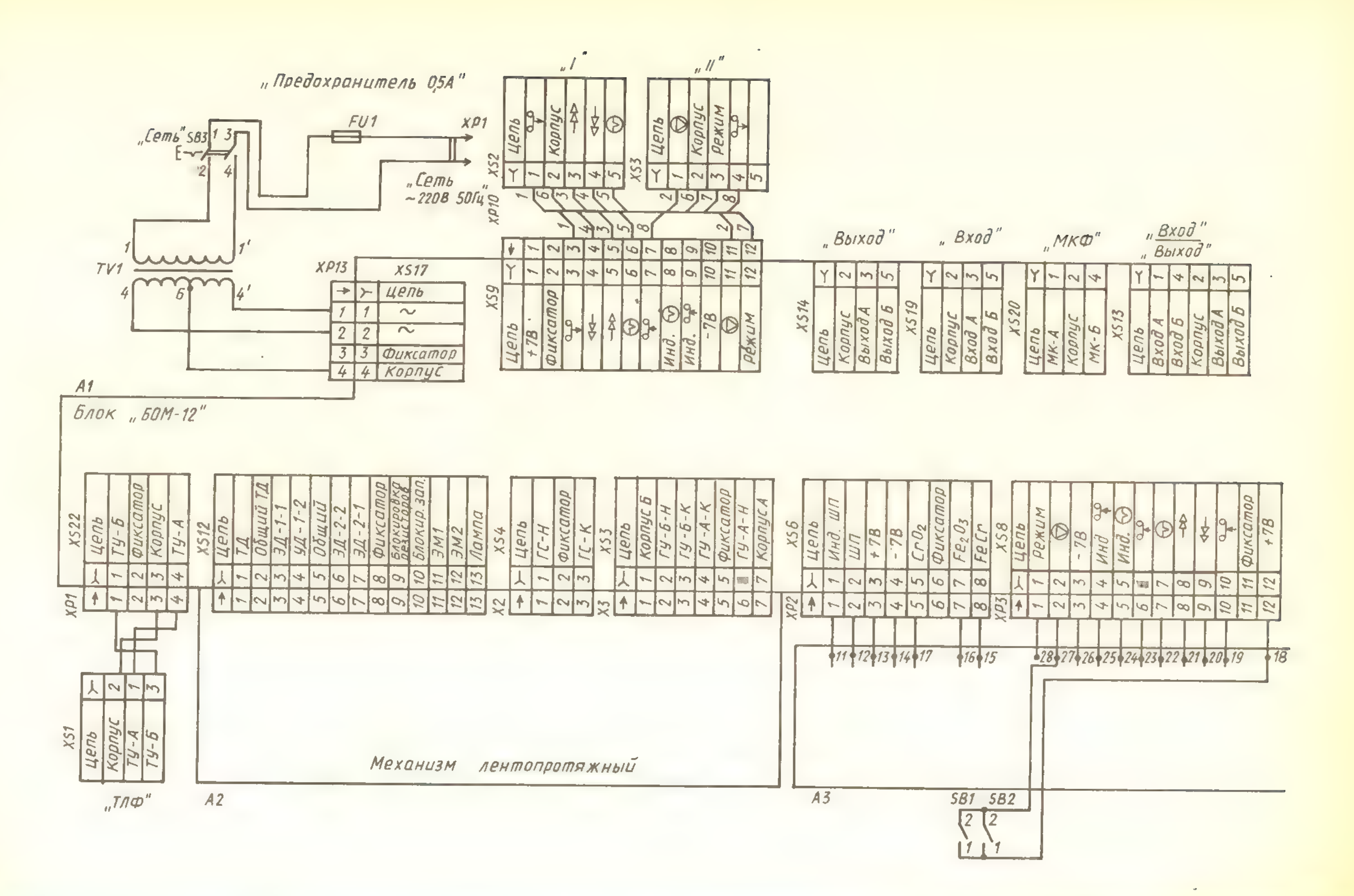
10) формирование сигналов управления индикаторами уровня сигналов;

11) формирование сигналов управления МЛП;

12) питание ведущего двигателя напряжением, зависящим от скорости движения ленты через систему стабилизации скорости с ФАПЧ;

13) формирование сигналов управления индикатором расхода ленты.

В состав БОМ-12 входят следующие функциональные узлы:


„Предохранитель 0,5А"
„Сеть" SB3
FU1
XP1
„Сеть" ~220В 50Гц"
XP10
TV1
XP13
XS17
Цепь
Фиксатор
Корпус
A1
Блок „БОМ-12"
„I"
„II"
XS2
XS3
Цепь
Корпус
Режим
XS9
+7В
Фиксатор
Инд.
-7В
„Выход"
„Вход"
„МКФ"
„Вход" / „Выход"
XS14
XS19
XS20
XS13
Выход А
Выход Б
Вход А
Вход Б
МК-А
МК-Б
XS22
XP1
ТУ-Б
ТУ-А
XS12
ТД
Общий ТД
ЗД-1-1
УД-1-2
Общий
ЗД-2-2
ЗД-2-1
Блокировка резисторов
Блокир. зап.
ЭМ1
ЭМ2
Лампа
X2
XS4
ГС-Н
ГС-К
X3
XS3
Корпус Б
ГУ-Б-Н
ГУ-Б-К
ГУ-А-К
ГУ-А-Н
Корпус А
XP2
XS6
Инд. ШП
ШП
CrO_2
Fe_2O_3
FeCr
XP3
XS8
Инд
XS1
„ТЛФ"
A2
Механизм лентопротяжный
A3
SB1
SB2

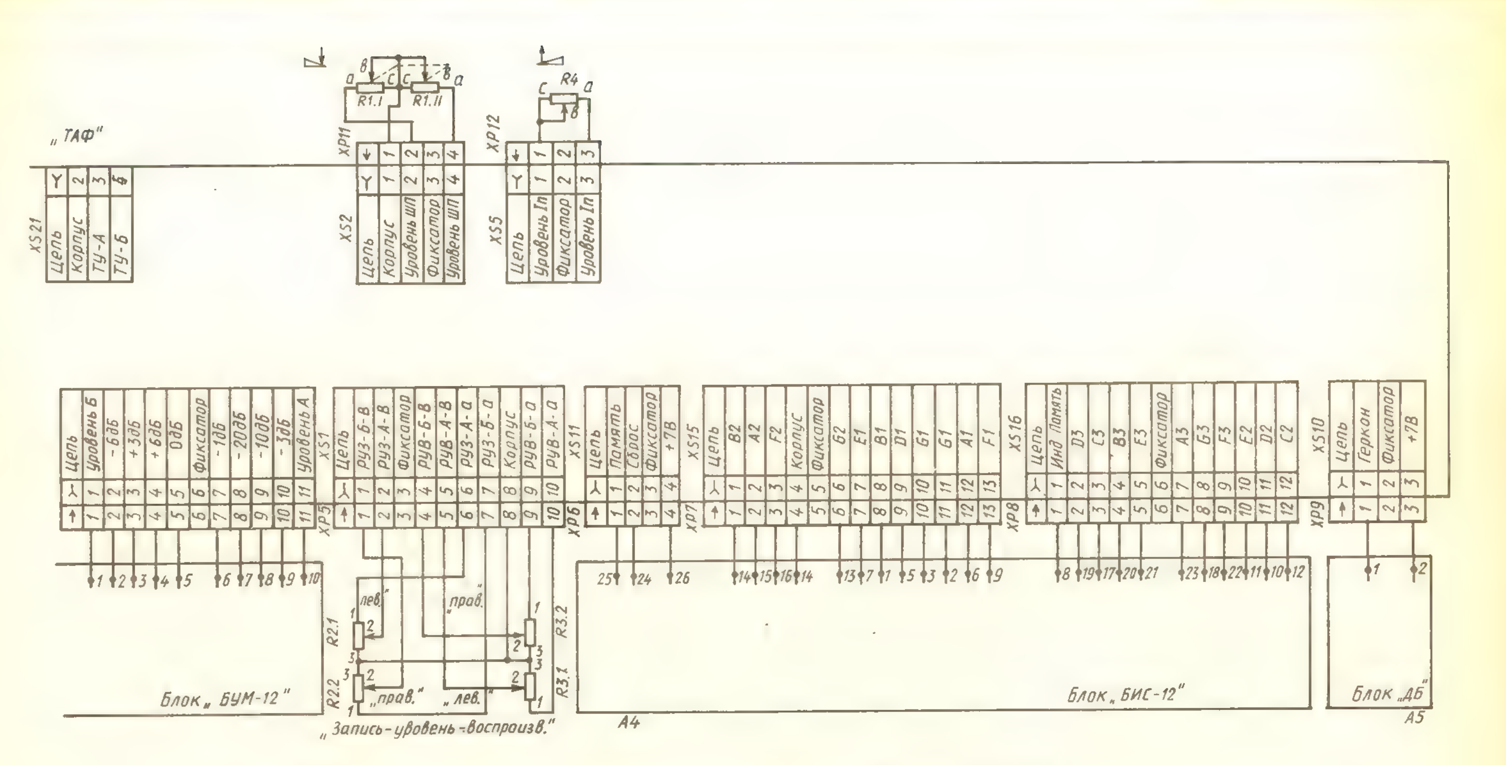
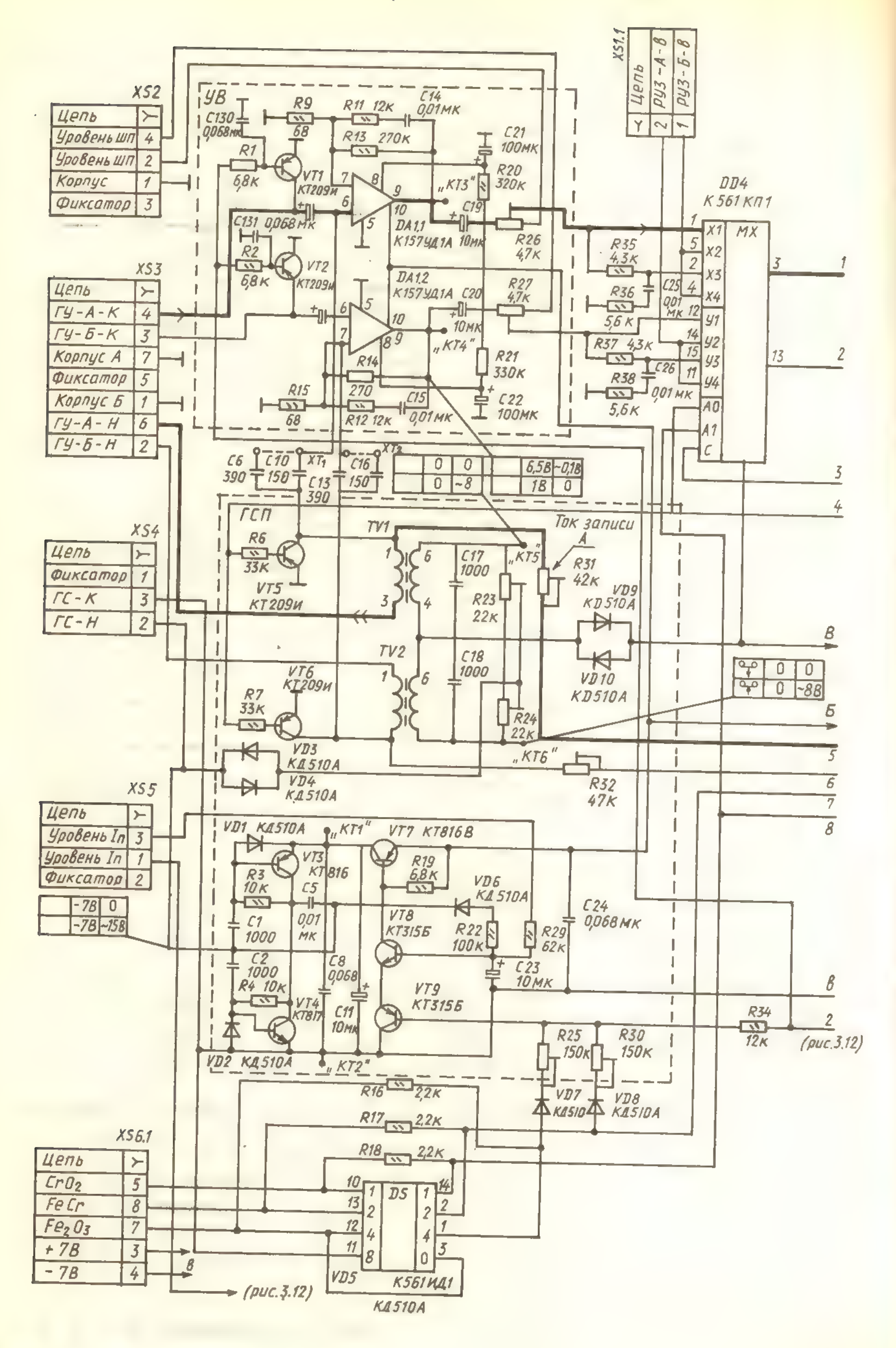


Рис. 3.1. Электрическая функциональная схема магнитофона «Орбита МП-121-С»


XS2
Цепь
Уровень ШП 4
Уровень ШП 2
Корпус 1
Фиксатор 3
XS3
ГУ-А-К 4
ГУ-Б-К 3
Корпус А 7
Фиксатор 5
Корпус Б 1
ГУ-А-Н 6
ГУ-Б-Н 2
XS4
Фиксатор 1
ГС-К 3
ГС-Н 2
XS5
Уровень Iп 3
Уровень Iп 1
Фиксатор 2
XS6.1
CrO2 5
FeCr 8
Fe2O3 7
+7В 3
−7В 4
XS1.1
РУЗ-А-В 2
РУЗ-Б-В 1
УВ
ГСП
DA1.1 К157УД1А
DA1.2 К157УД1А
DD4 К561КП1
MX
TV1
TV2
VT1 КТ209И
VT2 КТ209И
VT5 КТ209И
VT6 КТ209И
VT7 КТ816В
VT8 КТ315Б
VT9 КТ315Б
DS К561ИД1
VD5 КД510А
Ток записи А
„КТ1"
„КТ2"
„КТ3"
„КТ4"
„КТ5"
„КТ6"
(рис.3.12)
-7В 0
-7В ~15В
6,5В ~0,18
18 0
0 ~8
0 ~88

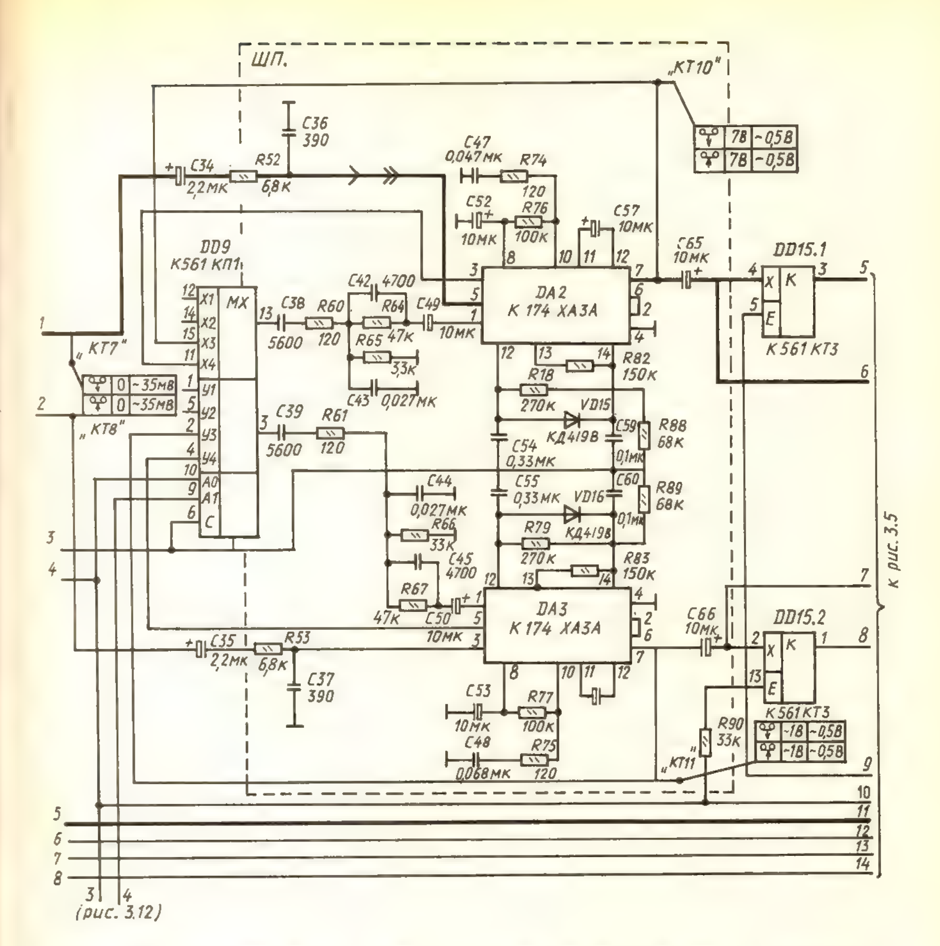


Рис. 3.2. Принципиальная схема усилителя воспроизведения, генератора стирания и подмагничивания, шумоподавителя (БОМ-12)

усилитель записи; усилитель воспроизведения; генератор стирания и подмагничивания; телефонный усилитель; индикатор уровня сигнала записи и воспроизведения; счетчик расхода ленты; система автоматического регулирования скорости вращения ведущего двигателя; система шумопонижения; блок питания.

При более подробном рассмотрении принципа действия основных функциональных узлов необходимо помнить, что обозначение элементов и блоков без скобок относится к каналу *А*, в скобках — к каналу *Б*, а на принципиальных схемах знаком ⟶ указано направление прохождения сигнала в режиме «Воспроизведение», знаком ⟶⟶ в режиме «Запись».

Усилитель воспроизведения (рис. 3.2) двухканальный выполнен на микросхеме *DA1* типа К157УЛ1. В режиме воспроизведения сигнал, преобразованный универсальной магнитной головкой в электрический, поступает на вход усилителя воспроизведения через ключи на транзисторах *VT1* (VT2), находящиеся в закрытом состоянии. Ключи на

транзисторах *VT5*(VT6) при этом открыты и шунтируют выход генератора стирания и подмагничивания.

Необходимое усиление и коррекция частотной характеристики по нижним и верхним частотам обеспечиваются элементами *R9, R11, R13, C14* (*R15, R12, R14, C15*). Усиленный и скорректированный сигнал поступает на двухканальный коммутатор, выполненный на микросхеме *DD4* (К561КП1).

Коммутатор обеспечивает коммутацию режимов «Запись-воспроизведение» и частотную коррекцию под различные типы лент. В области средних и верхних частот необходимая коррекция обеспечивается частотно-зависимыми делителями *R35, R36, C25* (*R37, R38, C26*). С выхода электронного коммутатора (выводы 3 и 13) сигнал поступает на вход шумоподавителя.

Шумоподавитель (рис. 3.2.) в магнитофоне построен по принципу системы «Долби-В» на микросхемах *DA2(DA3)* типа К174ХА3 А. Коммутация режимов работы шумоподавителя производится полупроводниковым коммутатором на микросхеме *DD9*(К561КП1).

Чтобы защитить систему шумопонижения от наводок со стороны генератора стирания и подмагничивания, на входе коммутатора включен однозвенный *RC*-фильтр, выполненный на элементах *R52, C36* (*R53, C37*). Элементы *C47, C52, C57, R74, R76* (*C48, C53, C58, R75, R77*) обеспечивают необходимые режимы микросхем и коэффициент усиления. Цепи детекторов выполнены на элементах *VD15, C54, C59, R82, R78, R88* (*VD16, C55, C60, R79, R83, R89*).

Коррекция амплитудно-частотной характеристики шумоподавителя производится элементами *C38, C42, C43, R60, R64, R65* (*C39, C44, C45, R66, R67*). Цепи коррекции переключаются электронным коммутатором *DD9* в зависимости от режима работы магнитофона. В режиме записи коммутатор подключен к выходу шумоподавителя (вывод *7* микросхем *DA2, DA3*), а в режиме воспроизведения — к выводу *3* тех же микросхем. В режиме отключенного шумоподавителя цепи коррекции отключены от схемы, что обеспечивает линейную характеристику схемы. С выхода шумоподавителя сигнал через электронный ключ *DD15.1* (*DD15.2*) подавителя щелчков поступает: на выход магнитофона (разъемы *XS13, XS14*); на вход регулятора уровня воспроизведения (РУВ) через разъем *XS1*; на вход усилителя записи.

В отдельных магнитофонах система шумопонижения может быть выполнена на отдельной плате, конструктивно устанавливаемой на плате БОМ-12 в виде модуля. В этом случае используется тот же коммутатор на микросхеме *DD9* с однозвенными *RC*-фильтрами, защищающими схему от наводок со стороны генератора стирания и подмагничивания. Собственно шумоподавитель собран на четырех микросхемах типа К157УД2 и двух полевых транзисторах типа КП103К1 (рис. 3.3.).

На микросхеме *DA1.1* (*DA2.1*) выполнен усилитель, режим работы которого и коэффициент усиления обеспечиваются элементами *C1, C3, R1, R2, R5, R7, R9* (*C2, C4, R3, R4, R6, R8, R10*). Сумматор выполнен на микросхеме *DA1.2(DA2.1)* с элементами *C3, R7, R9, R11,* (*C4, R8, R10, R12*). Микросхемы *DA3.1* (*DA4.1*) с элементами *C5, C9, C11, R13, R19, VD1, VD3* (*C6, C10, C12, R14, R20, VD2, VD4*) образуют усилитель-ограничитель. Формирование управляющего сигнала обеспечивают микросхема *DA3.2* (*DA4.2*) с элементами *C13, C15, C17, R21, R23, R25, R27, R29, R33, R33* и *VD5* (*C14, C16, C18, R22, R24, R26, R28, R30, R34, R36* и *VD6*). Выпрямитель управляющего сигнала образован элементами *VD7, R17, R31* (*VD8, R18, R32*), а управляемый аттенюатор — *VT1, C7, R15* (*VT2, C8, R16*). Цепи коррекции амплитудно-частотной харак-

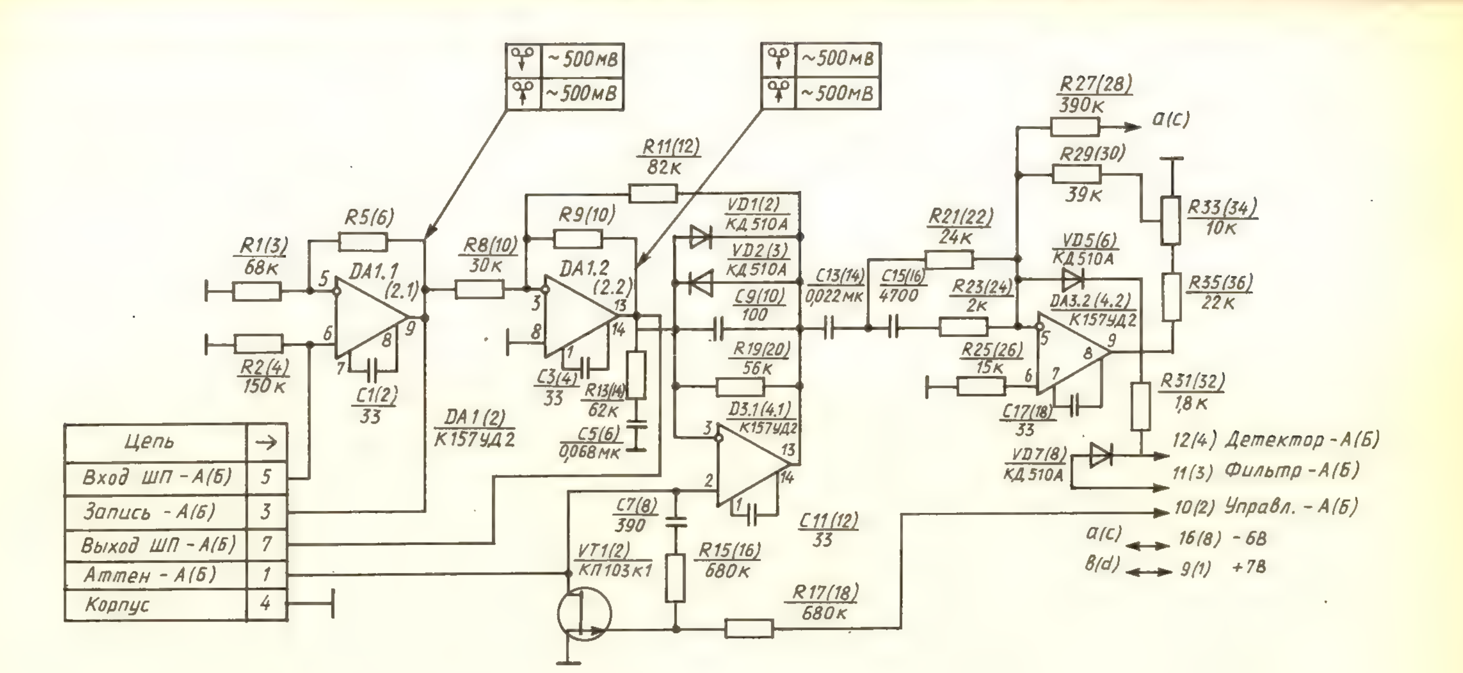


Рис. 3.3. Принципиальная схема модуля шумопонижения

теристики шумоподавителя расположены на плате блока БОМ-12 и соответствуют указанным выше.

Принцип работы, примененный в магнитофоне системы шумопонижения, рассмотрен ранее в главе 2.

С выхода РУВ сигнал поступает на вход телефонного усилителя, предназначенного для слухового контроля записываемого сигнала.

Телефонный усилитель (рис. 3.4) выполнен по двухканальной схеме на микросхеме *DA9* и комплементарных парах транзисторов *VT39*,

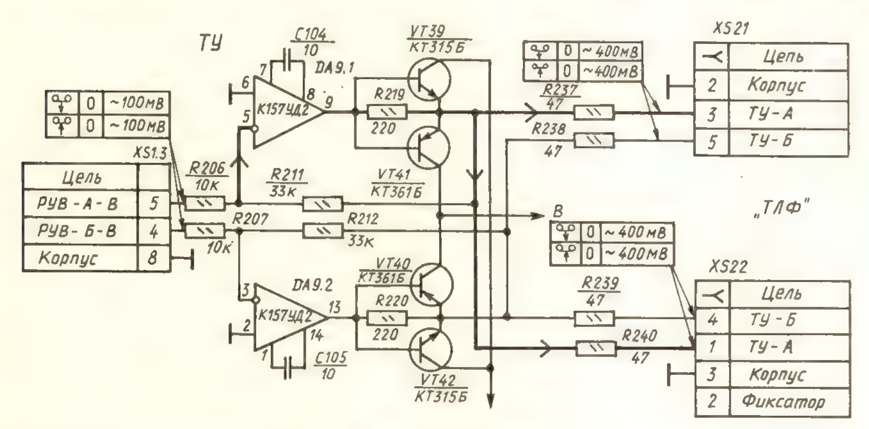


Рис. 3.4. Принципиальная схема телефонного усилителя

VT41 (*VT40, VT42*). Усилитель выполнен по схеме инвертирующего усилителя, коэффициент усиления которого задан соотношением сопротивлений резисторов *R206, R211* (*R207, R212*). Оконечный каскад выполнен по двухтактной схеме и работает в режиме В. Стабилизация параметров усилителя при применении головных телефонов с различными сопротивлениями осуществляется применением добавочных резисторов *R237, R240* (*R238, R239*). Для уменьшения нелинейных искажений типа «ступенька» обеспечено прямое прохождение сигнала с выхода операционного усилителя на нагрузку через резисторы *R219* (*R220*).

Усилитель записи (рис. 3.5) собран на микросхеме К157УД2 (*DA4*). Стереосигнал от источников программ поступает в схему магнитофона через один из разъемов *XS19* (для подключения другого магнитофона), *XS21* (для подключения электрофона) и *XS20* (для подключения микрофона) и дальше на предварительный усилитель записи, собранный на микросхеме *DA10* (рис. 3.6). Этот же усилитель используется и как микрофонный. Амплитудно-частотная характеристика усилителя имеет подъем в области нижних частот (6дБ на частоте 40 Гц), который осуществляется корректирующей *RC*-цепочкой *R247, R251, C121* (*R234, R248, C122*). Усиленный и скорректированный сигнал через конденсатор *C125* (*C126*) и разъем *XS1* поступает на регуляторы уровня записи РУЗ (см. рис. 3.1).

После РУЗ сигнал через этот же разъем (контакты 2 и 1) поступает на электронный коммутатор, выполненный на микросхеме *DD4* (входы *X2, X4, Y2, Y4*). Коммутатор расположен на плате блока БОМ-12 (см. рис. 3.2). С выхода коммутатора (выводы 3 и 13) сигнал через шумоподавитель подается на входы основного усилителя записи (микросхема *DA4*, рис. 3.5).

Основной усилитель записи предназначен для усиления сигнала и коррекции частотной характеристики в области верхних звуковых частот. Усилитель через резисторы *R108, R110* (*R109, R113*) охвачен отрицательной обратной связью, в цепь которой включен контур коррекции *L2, C71, R107* (*L1, C72, R104*), обеспечивающий максимальный подъем на верхней частоте рабочего диапазона магнитофона.

В цепь обратной связи включены также элементы коррекции частотной характеристики усилителя записи при работе с различными

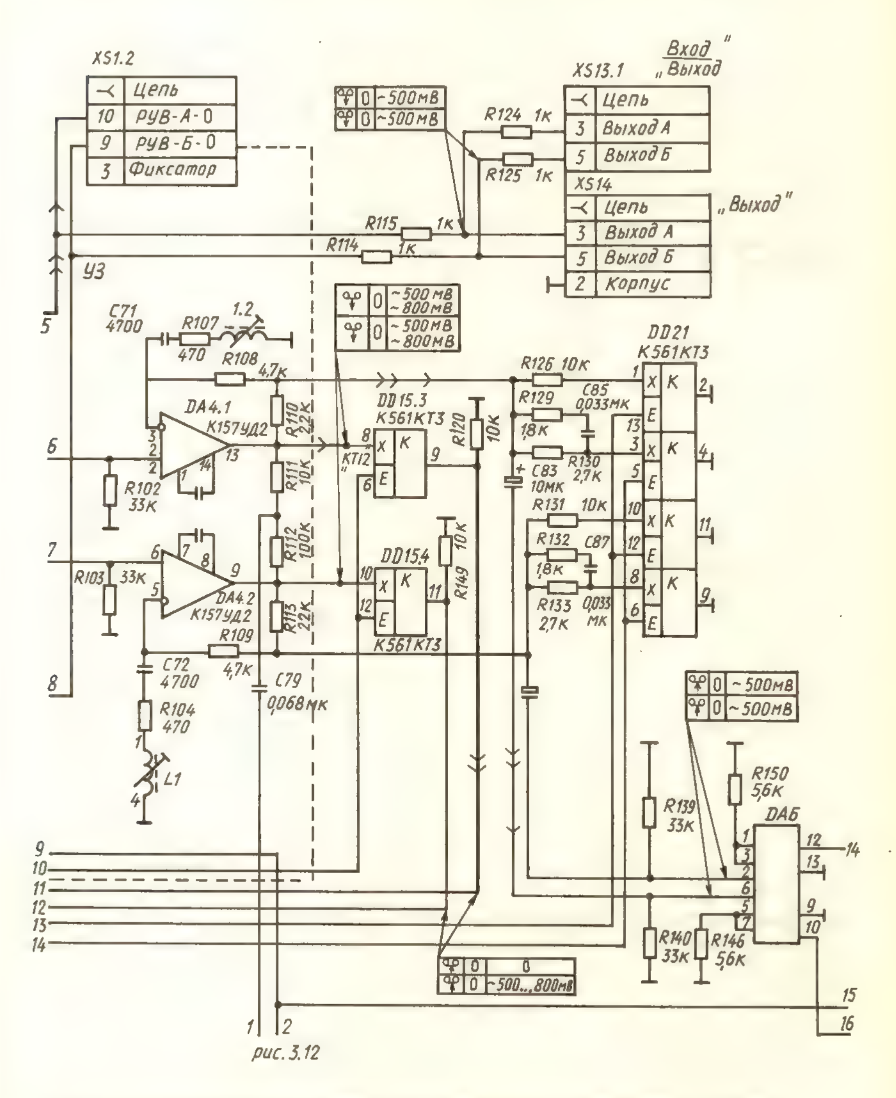


Рис. 3.5. Принципиальная схема усилителя записи и индикатора уровня

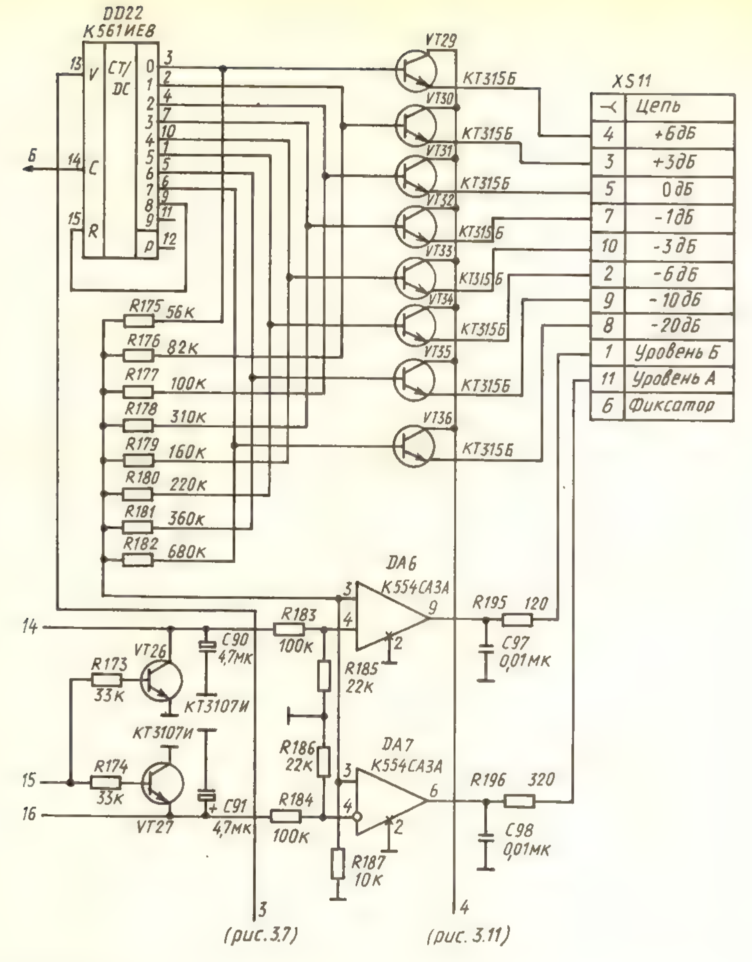


Рис. 3.5.

типами лент. Переключение элементов коррекции *R129, R130, C86* (*R132, R133, C87*), которые обеспечивают коррекцию для ленты типа МЭК II, а *R128* (*R131*) — для ленты МЭК III, производится с помощью микросхемы *DD21* (см. рис. 3.4). Работа на ленте типа МЭК I обеспечивается при отключении элементов коррекции.

Выходы усилителя записи через электронные ключи *DD15.3* (*DD15.4*) и токостабилизирующие резисторы *R31* (*R32*) соединены с универсальной головкой. Ключи *DD15.3* (*DD15.4*) отключают усилители записи от цепей магнитной головки в режиме воспроизведения, а подстроечными резисторами *R31* (*R32*) устанавливают ток записи во время регулировки и настройки магнитофона. В процессе записи ток записи с выхода усилителя записи проходит через замкнутый ключ *DD15.3* (*DD15.4*), резистор *R31* (*R32*), обмотку трансформатора подмагничивания *TV1* (*TV2*), универсальную магнитную головку, конденсатор *C3* (*C4*) и через открытый ключ *VT1* (*VT2*) замыкается на общий провод, элементы *R31, R32, TV1,*

TV2, VT1, VT2, C3 и *C4* (см. рис. 3.2). Ключи при работе в режиме записи, выполненные на транзисторах *VT5, VT6*, закрыты, что позволило в низкочастотный сигнал записи ввести ток подмагничивания.

Генератор стирания и подмагничивания обеспечивает высокочастотное подмагничивание в процессе записи и стирание старой записи. Схема генератора приведена на рис. 3.2. Собственно генератор собран на транзисторах *VT3, VT4* и колебательном контуре, состоящем из индуктивности, стирающей головки и емкости конденсатора *C5*. Поло-

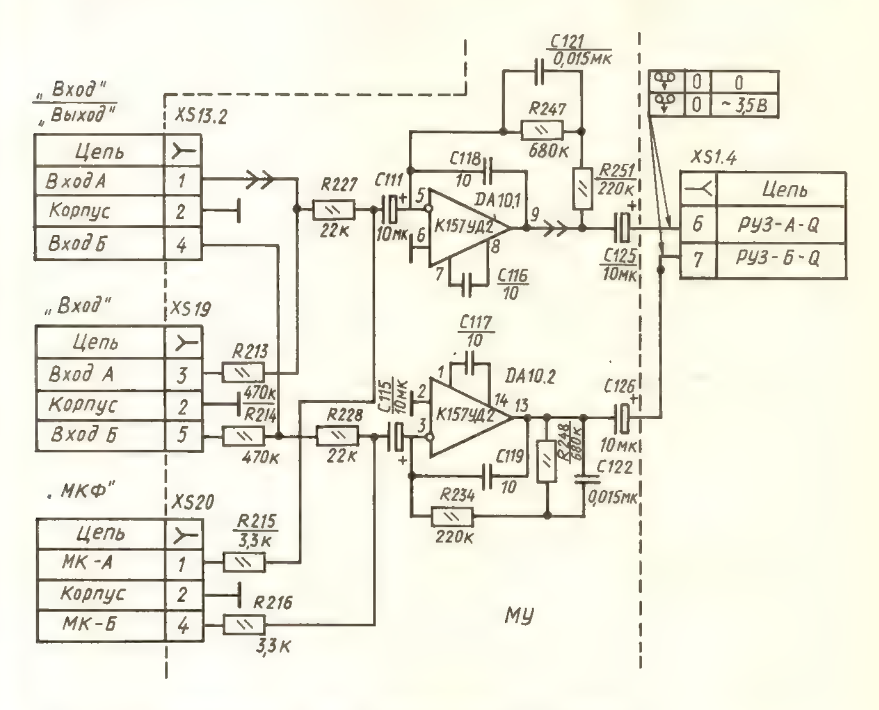


Рис. 3.6. Принципиальная схема микрофонного усилителя

жительная обратная связь обеспечивается через конденсаторы *C1* и *C2*. Амплитуда выходного напряжения стирания регулируется транзистором *VT7* путем изменения величины напряжения, питающего генератор. Для повышения стабильности амплитуды выходного напряжения его выпрямляют диодом *VD6* и подают в цепь обратной связи на базу транзистора *VT8*. На базу *VT9* в режиме «Запись» подается опорное напряжение, которое может подстраиваться резисторами *R25, R30* в зависимости от типа ленты. Ток подмагничивания устанавливается резисторами *R23, R24* и далее с помощью трансформаторов *TV1* и *TV2* вводится последовательно в цепь универсальной головки.

Симметрия формы выходного напряжения генератора обеспечивается правильностью установки режима работы транзисторов *VT3, VT4* и идентичностью трансформаторов подмагничивания *TV1* и *TV2*.

Индикатор уровня сигнала записи-воспроизведения (рис. 3.5) подключен к выходу усилителя записи. Так как вход усилителя записи

подключен к выходу шумоподавителя, т. е. к линейному выходу магнитофона, то на выходе усилителя записи присутствует напряжение сигнала как в режиме записи, так и в режиме воспроизведения. При этом частотная коррекция сигнала, поступающего на вход индикатора уровня, также не изменяется, что делает идентичными показания во время записи и воспроизведения.

Индикатор уровня содержит: двухполупериодный двухканальный выпрямитель напряжения сигнала, собранный на микросхеме *DA5*; компараторы уровня — на *DA6, DA7*; счетчик-распределитель — на *DD22* с буферными усилителями тока, собранными на транзисторах *VT29... VT36*, и цифроаналоговый преобразователь — на матрице резисторов *R175...R182*.

Для устойчивой работы индикатора необходимо, чтобы сигнал, поступающий на его вход, был достаточной величины. Для этого сигнал с выхода усилителя записи сначала усиливается, а затем выпрямляется микросхемой *DA5*. Элементы *C90, R185, R183* (*C91, R184, R186*), включенные на выходе микросхемы, обеспечивают необходимое время интеграции и время обратного хода индикатора уровня сигнала.

Ключи на транзисторах *VT26, VT27* предотвращают ложное срабатывание индикатора во время переходных процессов при изменении режимов работы магнитофона. Выпрямленное напряжение поступает на вход компараторов *DA6* (*DA7*). На другие входы компараторов поступает опорный сигнал в виде ступенчатой функции, вырабатываемой цифроаналоговым преобразователем (микросхема *DD22*). При превышении амплитудой входного сигнала уровня данной ступеньки опорного сигнала компаратор разрешает зажигание соответствующего светодиода индикаторной линейки, расположенной в блоке управления и индикации БУИ-12 (рис. 3,10. *а*). Управляющие сигналы на индикаторы БУИ-12 поступают через разъем *XS18*. Сканирование входов цифроаналогового преобразователя обеспечивается счетчиком-распределителем *DD22* с частотой напряжения, поступающего с генератора системы автоматического регулирования скорости вращения ведущего двигателя (САРС) на микросхеме *DD23*. Этот счетчик через буферные усилители (*VT29...VT36*) обеспечивает также сканирование анодов светодиодных линеек индикатора.

Система автоматического регулирования скорости вращения ведущего двигателя построена на транзисторах *VT28, VT37, VT38, VT47, VT48, VT53* и микросхемах *DA8, DD23, DD24* по принципу фазовой автоматической подстройки частоты с кварцевой стабилизацией (рис. 3.7).

Для управления работой системы используется сигнал таходатчика, расположенного на узле тонвала лентопротяжного механизма. Сигнал поступает на систему регулирования через транзистор *VT28*, усилитель на микросхеме *DA8.1* и формирователь на *DD24.1*. С выхода формирователя *DD24.1* снимается импульс отрицательной полярности, длительность которого пропорциональна периоду следования импульсов таходатчика. Этот импульс через цепочку *R208, VD37, R221* заряжает емкость *C113*, причем амплитуда пилообразного напряжения на нем определяется длительностью входного импульса. По окончании действия импульса происходит разряд конденсатора через ключ *VT47*, управляемый с формирователя *DD24.2*, вход которого через дифференцирующую цепочку *C106, R209, R210* формирует пусковой импульс. Через транзистор *VT48* происходит подпитка конденсатора *C120*, на котором формируется постоянное напряжение, поступающее через усилитель постоянного тока на *DA8.2* и *VT53* на обмотку ведущего двигателя.

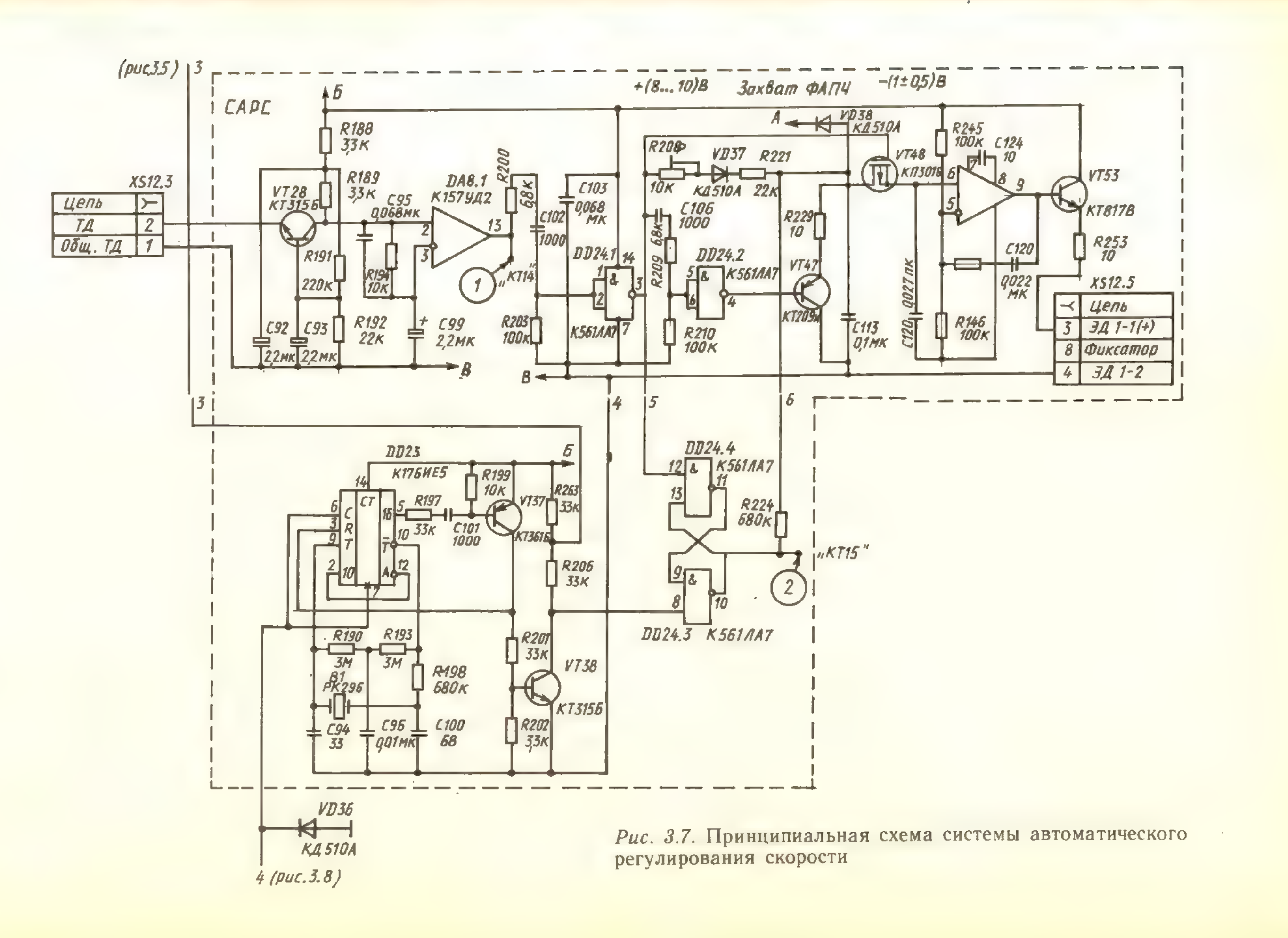


Рис. 3.7. Принципиальная схема системы автоматического регулирования скорости

При увеличении напряжения на *C120* происходит увеличение скорости вращения вала ведущего двигателя. При этом уменьшается период следования импульсов таходатчика и напряжение на *C120* стремится к снижению, чем и достигается режим авторегулирования. Для обеспечения точной подстройки в системе применен опорный генератор на *DD23* с кварцевой стабилизацией. Импульс с этого генератора вводится в цепь заряда конденсатора *C113* через резистор *R224*, причем его длительность, формируемая на *DD24.3* и *DD24.4*, пропорциональна разности фаз между импульсами таходатчика и опорного генератора. Система фазовой автоподстройки частоты приводит эту разность к минимуму, чем достигаются высокие показатели по постоянству скорости движения ленты и снижению коэффициента детонации магнитофона.

Счетчик расхода ленты, примененный в магнитофоне, электронный. В состав счетчика входят микросхемы *DD7.1, DD8, DD14, DD11, DD16, DD18, DD19, DD20* и датчик вращения (ДВ). Датчик вращения формирует импульсы напряжения +7В, возникающие при вращении правого бокового узла лентопротяжного механизма. Импульсы формируются с помощью герконового переключателя, приводящегося в действие магнитом, закрепленным на шкиве, соединенным ремнем с правым подкассетником.

Счетные импульсы от ДВ через контакт 1 разъема *XS10* поступают на формирователь импульсов фиксированной длительности, собранный на *DD7.1*. Сформированные импульсы подаются на предварительный делитель на триггерах *DD8.1* и *DD8.2* и далее на трехразрядный десятичный счетчик на *DD11, DD16, DD19*. Данные счета через дешифратор *DD14, DD18, DD20* поступают на светодиодные индикаторы, размещенные на блоке индикации счета БИС-12, через разъемы *XS15* и *XS16*. Обнуление показателей индикатора происходит при нажатии кнопки «Сброс». При этом команда через контакт 2 разъема *XS11* поступает на вход PE счетчиков *DD11, DD16, DD19* и обнуляет их.

Электрическая принципиальная схема счетчика расхода ленты приведена на рис. 3.8, а блока БИС-12 — на рис. 3.9.

Блок управления и индикации БУИ-12 (рис. 3.10) содержит органы управления режимами магнитофона и светодиодные индикаторы уровней записи-воспроизведения, счетчика расхода ленты и режимов работы.

Блок питания (рис. 3.11) вырабатывает все питающие напряжения, необходимые для обеспечения нормальной работы магнитофона. Блок представляет собой двухполярный источник питания. Напряжение сети подается на силовой трансформатор *TV1* через переключатель *SB3* (см. рис. 3.1). Далее через разъем *XS17*, предохранители — на выпрямительный мост. Выпрямленное и сглаженное конденсаторами *C107, C108* напряжение поступает на стабилизатор. Он выполнен в виде двух взаимосвязанных плеч (положительного и отрицательного напряжений). Ведущим является плечо положительного напряжения, выполненное на транзисторах *VT43, VT45, VT49, VT50* и стабилитроне *VD41*. Работает схема следующим образом. При подаче напряжения на вход стабилизатора через резисторы *R217, R222* протекает ток, открывающий транзисторы *VT45, VT43*. На выходе стабилизатора появляется напряжение. При достижении номинального напряжения пробивается стабилитрон *VD41*, что приводит к открыванию транзистора *VT50* и некоторому закрыванию *VT45* и *VT43*. Таким образом осуществляется регулировка проходного сопротивления транзистора *VT43*, поддерживающего постоянное напряжение на выходе стабилизатора.

Работа стабилизатора отрицательного напряжения происходит ана-

логично. В качестве опорного напряжения используется выходное напряжение положительного плеча.

Схема управления режимами магнитофона представлена на рис. 3.12, команды управления режимами работы формируются с помощью микропереключателей, расположенных на передней панели магнитофона и имеющих соответствующие обозначения типа команд. Формирование команд происходит в блоках БУИ-12 (см. рис. 3.10) и БИС-12 (см. рис. 3.9). В основной блок магнитофона БОМ-12 сигналы команд поступают через разъемы *XS6, XS8* и *XS11*. Команды управления обеспечивают выбор необходимых режимов работы лентопротяжного механизма МЛП и каскадов БОМ-12 чисто электронным путем, при котором исключены какие-либо механические коммутации в схеме. Рассмотрим работу магнитофона в различных режимах работы.

1. *Режим «Стоп»*

При подаче напряжения питания на схему магнитофона он автоматически устанавливается в режим «Стоп», так как все кнопки управления режимами разомкнуты, а одновибратор, выполненный на микросхемах *DD2.1, DD2.2* и *DD6*, устанавливается в нулевое состояние (на выходе «0» микросхемы *DD6* — логическая «1»). К запуску одновибратора приводит:

а) нажатие кнопки «Временный стоп»;

б) нажатие клавиши извлечения кассеты;

в) возрастание напряжения на конденсаторе *C51* с минус 6В до 0В; при окончании ленты в кассете (автостоп);

г) открывание транзистора *VT11* импульсом переноса с микросхемы

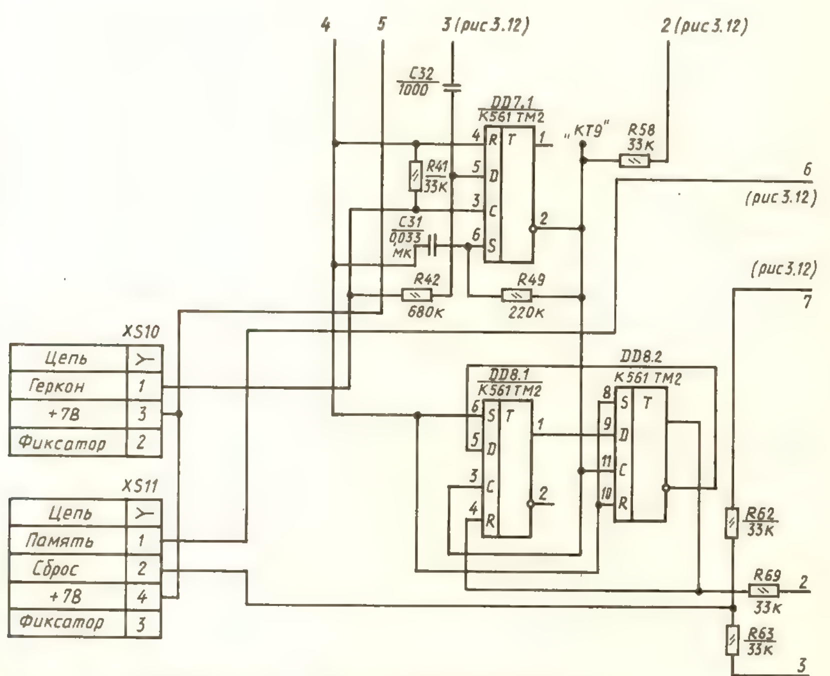
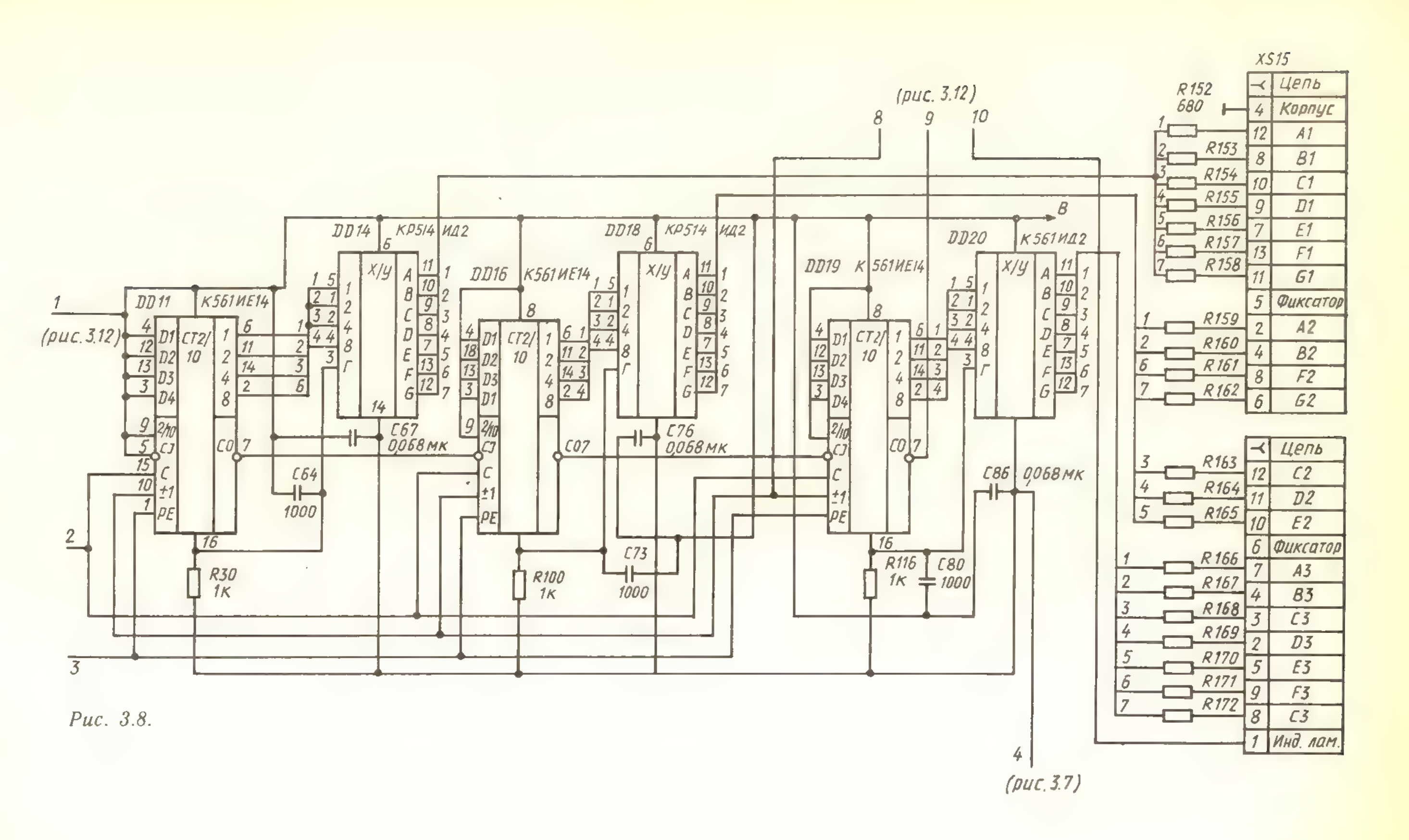


Рис. 3.8. Принципиальная схема счетчика расхода ленты


XS15
Цепь
Корпус
A1
B1
C1
D1
E1
F1
G1
Фиксатор
A2
B2
F2
G2
C2
D2
E2
A3
B3
C3
D3
E3
F3
Инд. лам.
R152 680
R153
R154
R155
R156
R157
R158
R159
R160
R161
R162
R163
R164
R165
R166
R167
R168
R169
R170
R171
R172
(рис. 3.12)
(рис. 3.7)
B
DD11
К561ИЕ14
DD14
КР514ИД2
DD16
К561ИЕ14
DD18
КР514ИД2
DD19
К561ИЕ14
DD20
К561ИД2
C67 0,068 мк
C64 1000
R30 1к
C76 0,068 мк
C73 1000
R100 1к
C86 0,068 мк
R116 1к
C80 1000
CT2/10
X/Y
CO
PE
(рис. 3.12)
Рис. 3.8.

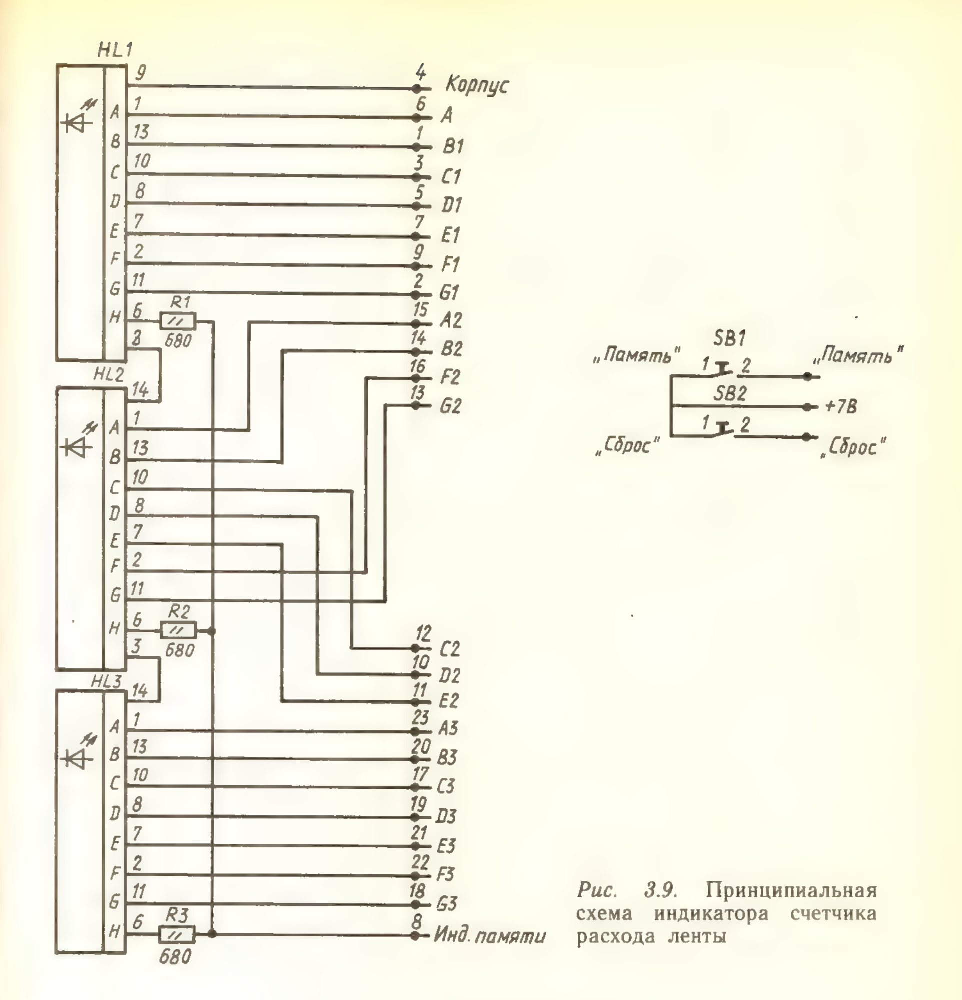


Рис. 3.9. Принципиальная схема индикатора счетчика расхода ленты

DD19 (вывод 7) при наличии разрешения по цепям *VD17* (режим «Перемотка влево») и *VD13* («Память» включена).

2. *Режим «Временный стоп»*

Команда с БУИ-12 через контакт 7 разъема *XS8* поступает на вход *С* триггера *DD13.2*, который через инвертированный выход 2 (вывод 2) обнуляет входы 4,8 распределителя DD17. При этом в МЛП происходит выключение двигателя ЭД2 (подмотка) и выключение электромагнита ЭМ2. Режим «Временный стоп» включается автоматически при переводе магнитофона в режим «Запись» путем подачи команды «Воспроизведение» с разъема *XS8* на вход *S* микросхемы *DD13.2*. Неинвертируемый выход триггера *DD13.2* (вывод 1) используется для индикации режима «Временный стоп».

Выключается режим «Временный стоп» подачей «1» на вход *R* микросхемы *DD13.2* при включении режима «Стоп» (через диод *DV14*), при включении режима «Перемотка вперед» (через *VD18*) и при вклю-

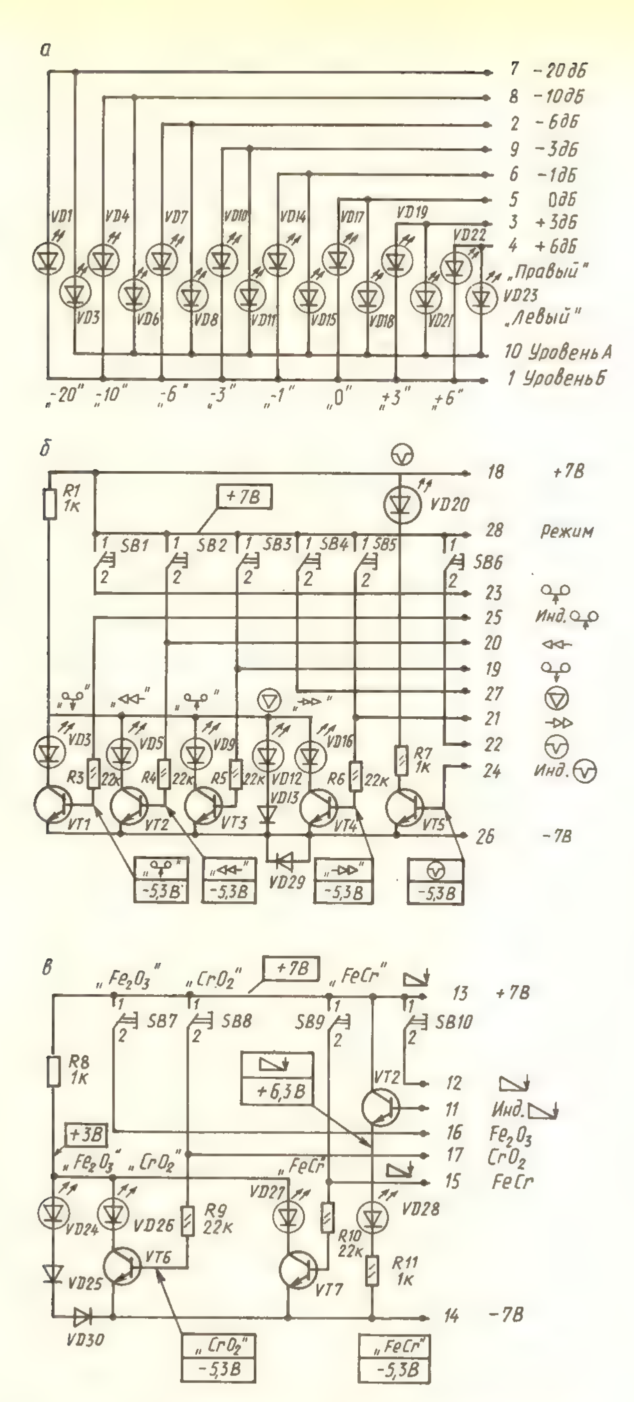


Рис. 3.10. Принципиальная схема блока индикации: *а* — схема индикации уровней; *б* — схема индикации режимов; *в* — схема индикации типа лент и включения шумопонижения

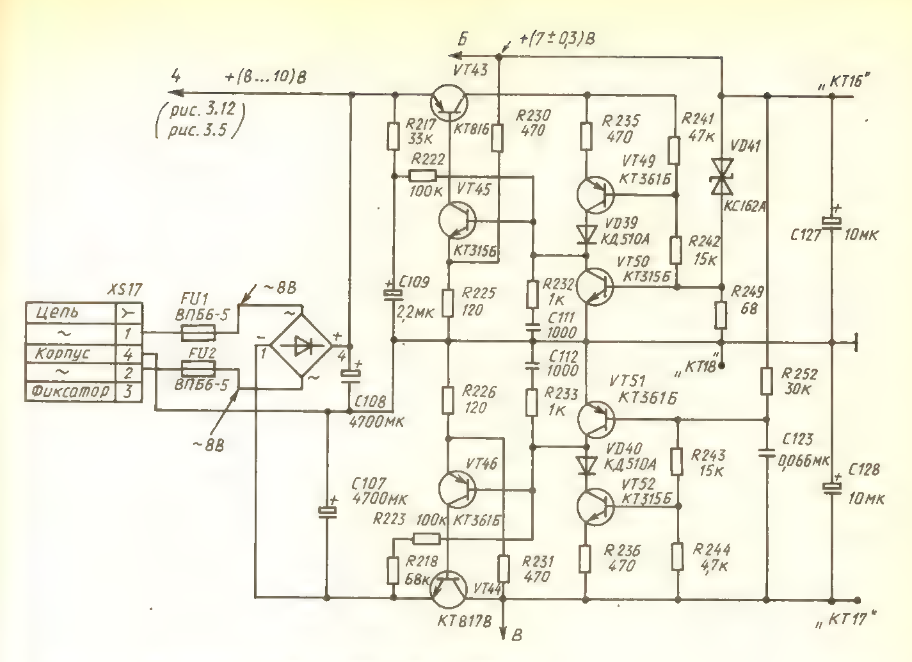


Рис. 3.11. Принципиальная схема блока питания

чении режима «Перемотка назад» (через *VD19*). Надежность переключения триггера *DD13.2* обеспечивается цепью задержки *R93, R91, C61.*

3. *Режим «Воспроизведение»*

Сигнал команды поступает с блока БУИ-12 через контакт 10 разъема *XS8* на микросхему *DD6*, работающую в качестве многофазного триггера. На выходе 1 (вывод 14) устанавливается «1», которая через логический элемент *DD12.1* поступает на распределитель *DD17*, открывающий ключи электромагнитов ЭМ1, ЭМ2 и включающий схему управления двигателем подмотки ЭД2.

Распределитель необходим для распределения по времени и обеспечения очередности включения электромагнитов и двигателя подмотки. Обеспечение временных циклов срабатывания электромагнитов осуществляется цепями *R94, R95, C78, R99, R105* и *C77*. Момент подмотки регулируется резистором *R118*, изменяющим напряжение смещения на базе транзисторов *VT20, VT22*. Электромагнитом ЭМ1 управляет ключ на транзисторах *VT18, VT21, VT24*, а электромагнитом ЭМ2 — *VT16, VT19, VT25*.

Пока распределитель не отработает очередной цикл, соответствующий поданной команде, ключи на микросхеме *DD15* и транзисторах *VT26, VT27* не пропускают сигналы на выход магнитофона и на индикацию уровня сигналов. Управление этими ключами осуществляется с выхода 9 (вывод 5) микросхемы *DD17* через диод *VD25*. Такая система обеспечивает подавление щелчков при переключении режимов работы. В режиме «Воспроизведение» с распределителя *DD17* подается команда на включение двигателя ЭД2 в режиме подмотки и производится поочередное срабатывание электромагнитов МЛП; электромагнита ЭМ1,

обеспечивающего начальный подвод каретки с ПР, ГУ и ГС к тонвалу и магнитной ленте; электромагнита ЭМ2, обеспечивающего окончательный прижим ПР к тонвалу и ГУ, ГС к ленте. При этом обеспечивается номинальный режим движения ленты и считывания фонограммы с ленты магнитной головкой.

Триггер *DD5.1*, управляющий режимами «Запись-воспроизведение» в усилителе записи и шумоподавителе, устанавливается в исходное состояние, при котором на выходе *1* зафиксирована логическая *1*, а на выходе *2* — логический *0*. Эти управляющие напряжения запирают ключи *VT1*, *VT2*, тем самым подключая концы обмотки ГУ к выходам

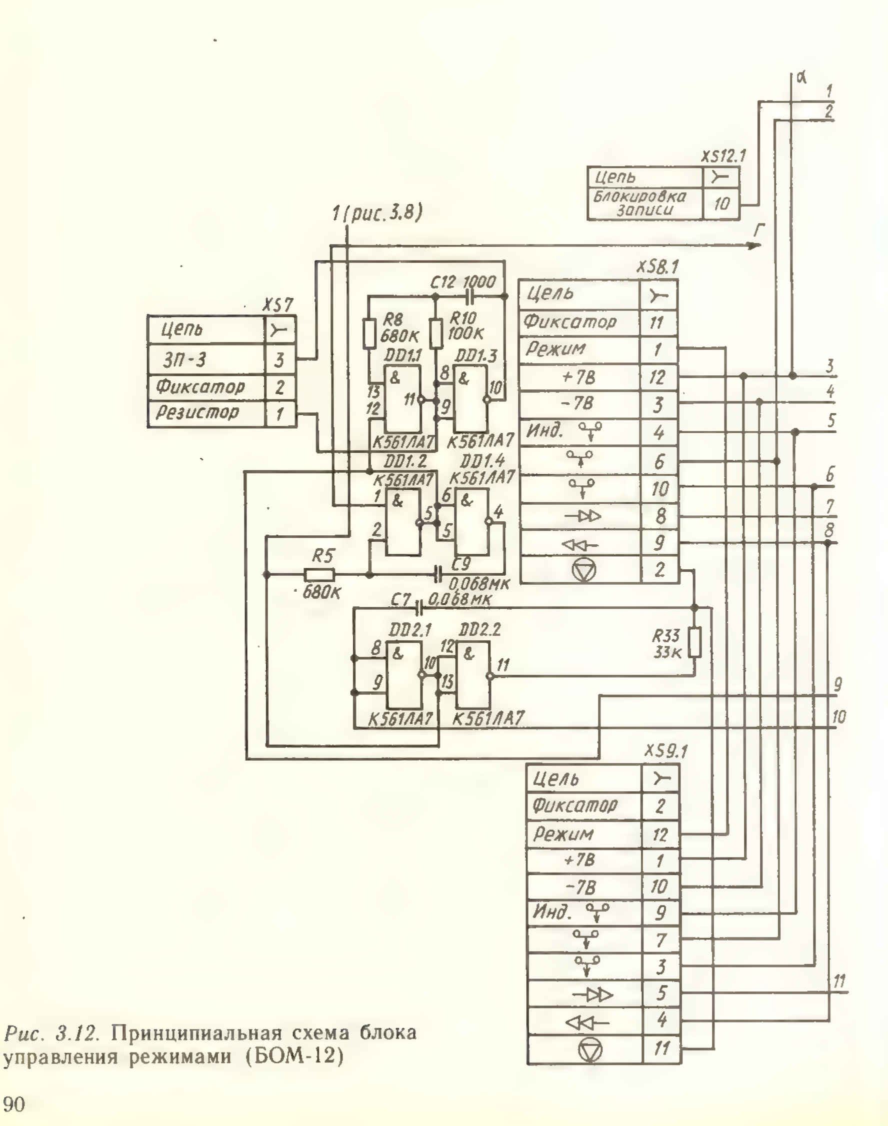
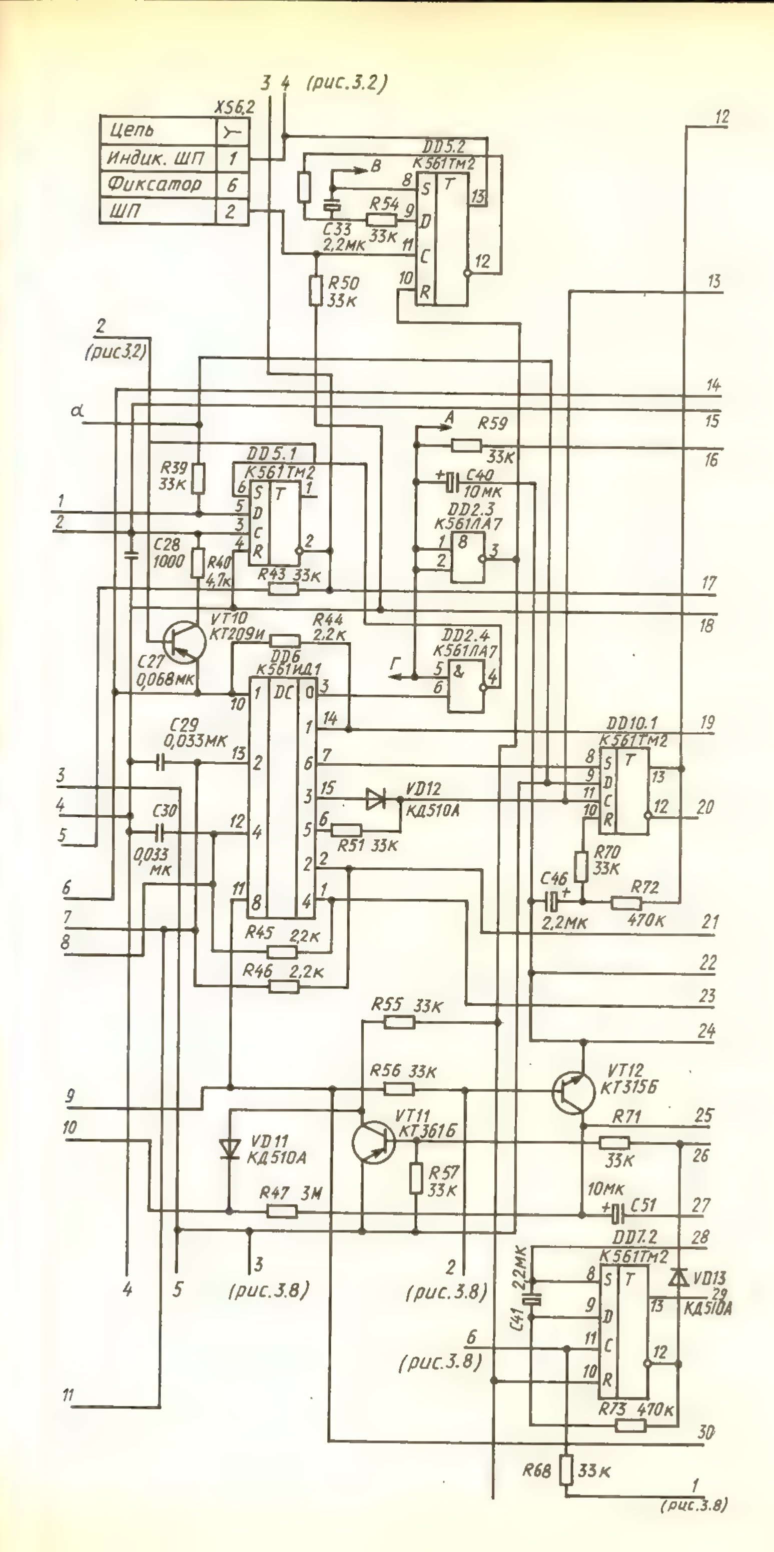
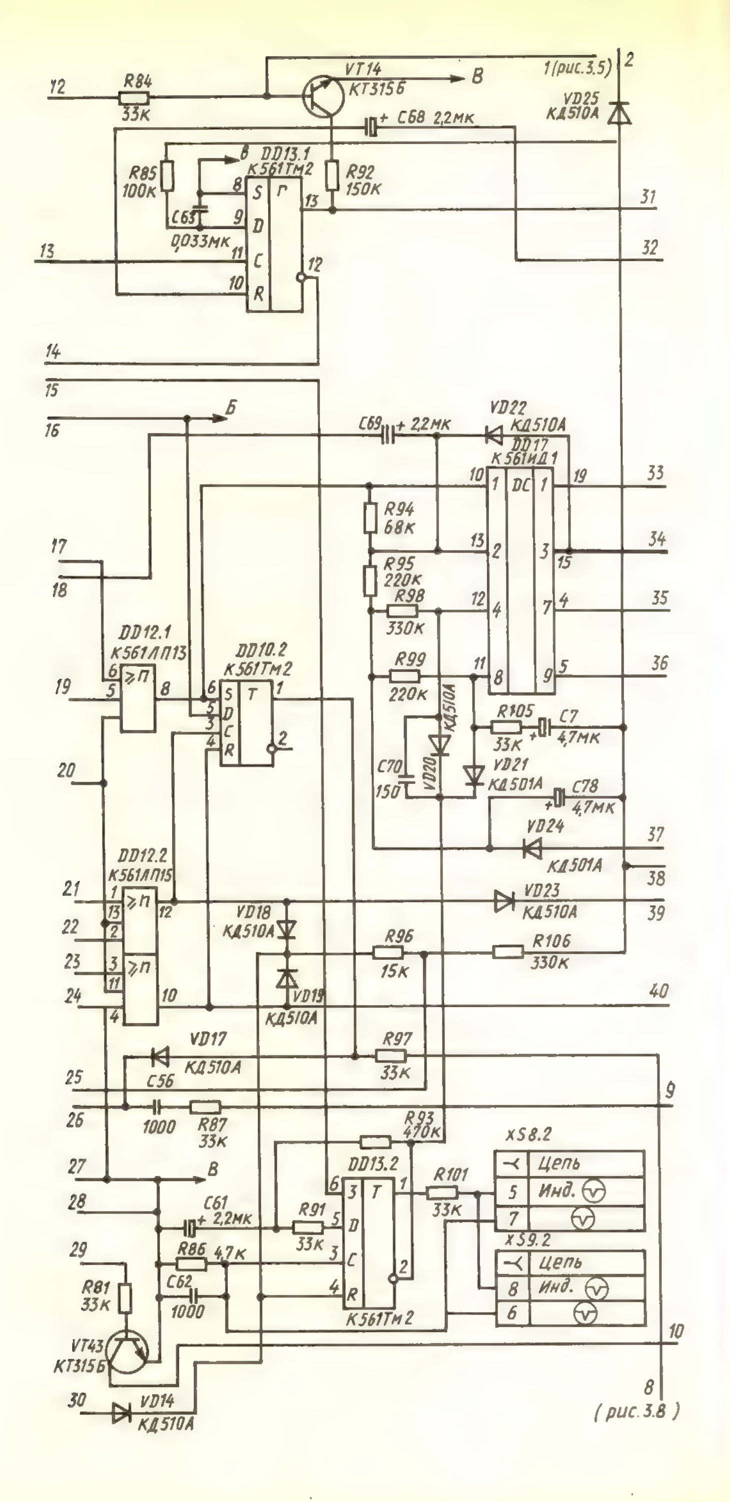


Рис. 3.12. Принципиальная схема блока управления режимами (БОМ-12)


3 4 (рис.3.2)
XS6.2
Цепь
Индик. ШП 1
Фиксатор 6
ШП 2
DD5.2
К561ТМ2
C33
2,2МК
R54
33К
R50
33К
2
(рис3.2)
α
R39
33К
DD5.1
К561ТМ2
C28
1000
R40
4,7К
R43 33К
VT10
КТ209И
C27
0,068МК
R44
2,2К
DD6
К561ИД1
R59
33К
C40
10МК
DD2.3
К561ЛА7
DD2.4
К561ЛА7
C29
0,033МК
C30
0,033
МК
VD12
КД510А
R51 33К
R45 2,2К
R46 2,2К
DD10.1
К561ТМ2
R70
33К
C46
2,2МК
R72
470К
R55 33К
R56 33К
VT12
КТ315Б
VT11
КТ361Б
R57
33К
VD11
КД510А
R47 3М
R71
33К
10МК
C51
DD7.2
К561ТМ2
C41 2,2МК
VD13
КД510А
R73 470К
R68 33К
3
(рис.3.8)
2
(рис.3.8)
6
(рис.3.8)
1
(рис.3.8)


R84
33к
VT14
КТ315Б
В
1(рис.3.5)
2
VD25
КД510А
С68 2,2мк
R85
100к
DD13.1
К561ТМ2
R92
150к
С63
0,033мк
31
32
13
14
15
16
Б
С69 2,2мк
VD22
КД510А
DD17
К561ИД1
DC
33
34
35
36
R94
68к
R95
220к
R98
330к
R99
220к
17
18
19
20
DD12.1
К561ЛП13
DD10.2
К561ТМ2
R105
33к
С7
4,7мк
VD20
КД510А
VD21
КД501А
С70
150
С78
4,7мк
VD24
КД501А
37
38
39
DD12.2
К561ЛП15
21
22
23
24
VD18
КД510А
VD23
КД510А
R96
15к
R106
330к
VD19
КД510А
40
VD17
КД510А
R97
33к
25
26
С56
1000
R87
33к
9
R93
470к
XS8.2
Цепь
Инд.
27
28
DD13.2
R101
33к
С61
2,2мк
R91
33к
29
R86 4,7к
С62
1000
XS9.2
R81
33к
К561ТМ2
VT43
КТ315Б
10
30
VD14
КД510А
8
(рис.3.8)

усилителя воспроизведения, одновременно открывая ключи *VT5, VT6*, чем достигается подключение начала обмоток ГУ к общему проводу.

В режим «Воспроизведение» переводятся также микросхемы *DD4, 9, 15*.

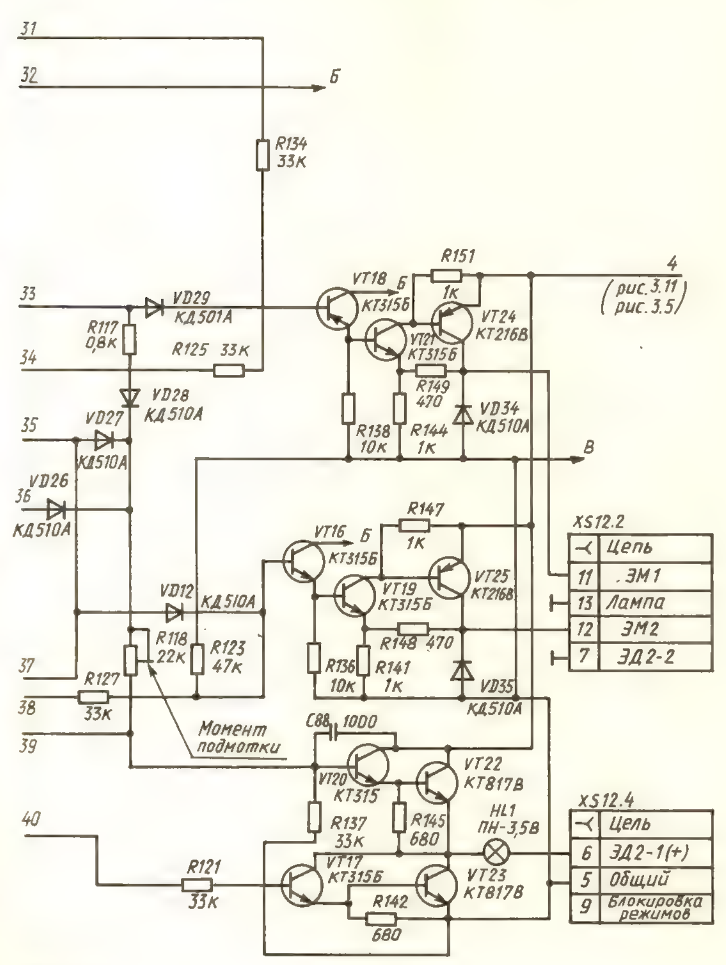


Рис. 3.12.

4. *Режим «Запись»*

Команда поступает через контакт 6 разъема *XS8* на вход триггера *DD5.1*, который во всех остальных режимах установлен в состояние, при котором на выходе *1* зафиксирована «1». Появившийся на неинвертируемом выходе 0 закорачивает через транзистор *VT10* вход *1* микросхемы *6* и через транзисторы *VT1, VT2* входы микросхемы *DA1*. Этот же «0» через ключ *VT9* включает питание на генератор стирания и подмагничивания. Логическая *1* на инвертированном выходе триггера

DD5.1 служит для индикации режима «Запись» (через *4* разъема *XS8*), включения микросхем в режим «Запись» (*DD4, DD9, DD15*) и закрывания ключей на транзисторах *VT5, VT6*.

5. *Режим «Перемотка назад»*

Сигнал команды через контакт 8 разъема *X8* поступает на вход *2* (вывод 13) микросхемы *DD6*. На выходе *2* (вывод *2*) устанавливается *1*, которая через *DD12.2* включает схему управления электродвигателем перемотки в режим «Перемотка вперед». В этом режиме полностью открываются транзисторы *VT20, VT22* и половина напряжения питания подается на электродвигатель ЭД2 через лампу накаливания *HL1*, ограничивающую пусковой ток.

6. *Режим «Перемотка назад»*

Команда подается через контакт 9 разъема *XS8* на вход *4* (вывод 12) микросхемы *DD6*. На выходе *4* (вывод 1) этой микросхемы устанавливается логическая *1*, которая через *DD12.2* включает схему управления электродвигателем перемотки в режим «Перемотка назад», при этом полностью открываются транзисторы *VT17, VT23* и половина напряжения питания, но другой полярности, подается на электродвигатель ЭД2.

В режимах «Перемотка» с элементов *DD12* логическая *1* подается на триггер *DD10.2*, выдающий команду направления счета на микросхемы счетчика расхода ленты (выводы *10* микросхем *DD11, DD16, DD19*; см. рис. 3.7).

Для предотвращения ложного срабатывания при переходе с режима на режим применен одновибратор, собранный на микросхеме *DD10.1*, резисторах *R70, R72* и конденсаторе *C46*. Одновибратор обеспечивает задержку около 0,7 с.

7. *Режим переключения типов лент*

Команды с кнопок типов лент поступают через разъем *XS6* на микросхему *DD21* через резисторы *R17* и *R18*, одновременно включая цепи индикации указанных режимов. Выходные цепи этой микросхемы производят коммутацию элементов коррекции АЧХ усилителя записи. Величину токов подмагничивания для выбранных типов лент устанавливают с помощью резисторов *R25, R30*.

8. *Режим включения шумоподавителя*

Команда на включение подается через разъем *XS6.2* на триггер *DD5.2*, который через коммутатор на микросхеме *DD9* обеспечивает необходимую коммутацию. С инвертированного выхода микросхемы *DD5.2* сигнал подается в блок БУИ-12 на индикацию включения шумоподавителя.

9. *Режим «Память» счетчика расхода ленты*

Сигнал команды поступает на вход триггера *DD7.2* и обнуляет его инвертированный выход. Теперь импульс переноса с выхода счетчика «СО» (*DD19*) получает доступ к базе транзистора *VT11* через *R87, C56*. Доступ открывается только в режиме «Перемотка назад», так как в других режимах на базе *VT11* появляется логическая «1» от триггера направления счета *DD10.2* через диод *VD17*. Импульс переноса открывает транзистор автостопа *VT11* и через *VD11, R47* заряжает конденсатор *C51*, обеспечивающий задержку примерно 5с. Когда конденсатор *C51* зарядится, срабатывает одновибратор, собранный на элементах *DD2.1, DD2.2, C7, R33*. Сформированный импульс поступает на вход *8* (вывод *11*) микросхемы *DD6*, и магнитофон переводится в режим «Стоп».

3.2. МАГНИТОФОН-ПРИСТАВКА «ЭЛЕКТРОНИКА МП-204-СТЕРЕО»

Бытовой, стационарный, односкоростной, стереофонический магнитофон с электронно-логическим управлением и питанием от сети переменного тока напряжением 220 В предназначен для записи и воспроизведения стереофонических и монофонических программ с применением магнитных лент типов МЭК I, МЭК II и МЭК III в кассетах типа МК-60. Прослушивание фонограмм возможно через внешний усилитель низкой частоты и на головные телефоны непосредственно с магнитофона.

Основные технические данные

Номинальная скорость движения ленты, см/с	4,76
Среднее отклонение скорости, %, не более	±2,0
Рабочий диапазон частот на линейном выходе, Гц, не уже	
для ленты типа МЭК I	40...12 500
для ленты типа МЭК II	40...14 000
для ленты типа МЭК III	40...18 000
Полное взвешенное отношение сигнал/шум, дБ, не менее	43
Коэффициент нелинейных искажений на линейном выходе по третьей гармонике, %, не более	2,5
Выходное напряжение на линейном выходе, В	0,5±0,1
Потребляемая мощность, Вт, не более	31
Масса, кг, не более	8
Габаритные размеры, мм, не более	460×145×360

Описание электрической принципиальной схемы

Функционально электрическую схему магнитофона можно разделить на три части: ЛПМ с устройством управления; блок усилителей; блок питания. Схема соединений блоков, плат и узлов представлена на рис. 3.13. На схеме (в магнитофоне) приняты следующие условные обозначения:

A1 — блок питания (БП);
A2 — блок управления режимами (БУР);
A3 — механизм лентопротяжный (МЛП);
A4 — блок управления (БУ);
A5 — блок индикации расхода ленты (БИРЛ);
A6 — блок индикации уровня записи и воспроизведения (БИУ);
A7, A10 — фильтр динамический шумопонижающий (ФДШ);
A8 — усилитель записи оконечный (УЗО);
A9 — блок коммутации комбинированный (БКК);
A11 — генератор стирания и подмагничивания (ГСП);
A12 — усилитель воспроизведения (УВ).

Рассмотрим более детально работу блоков магнитофонов.

Усилитель воспроизведения (УВ) предназначен для предварительного усиления сигналов от универсальной головки с заданной АЧХ до уровня 0,1 В и дальнейшего усиления сигнала до уровня 2,5 В в усилителе с линейной частотной характеристикой (рис. 3.14).

УВ построен на двух аналоговых микросхемах *D3* (типа К157УЛ1А), *D2* (типа К157УД2) и электронных ключах микросхемы *D1* типа К157КП1В.

Схема работает следующим образом. Сигнал с универсальной головки через цепочку *C14 (C15), R15 (R17)* поступает на вход *2(6)* микросхемы

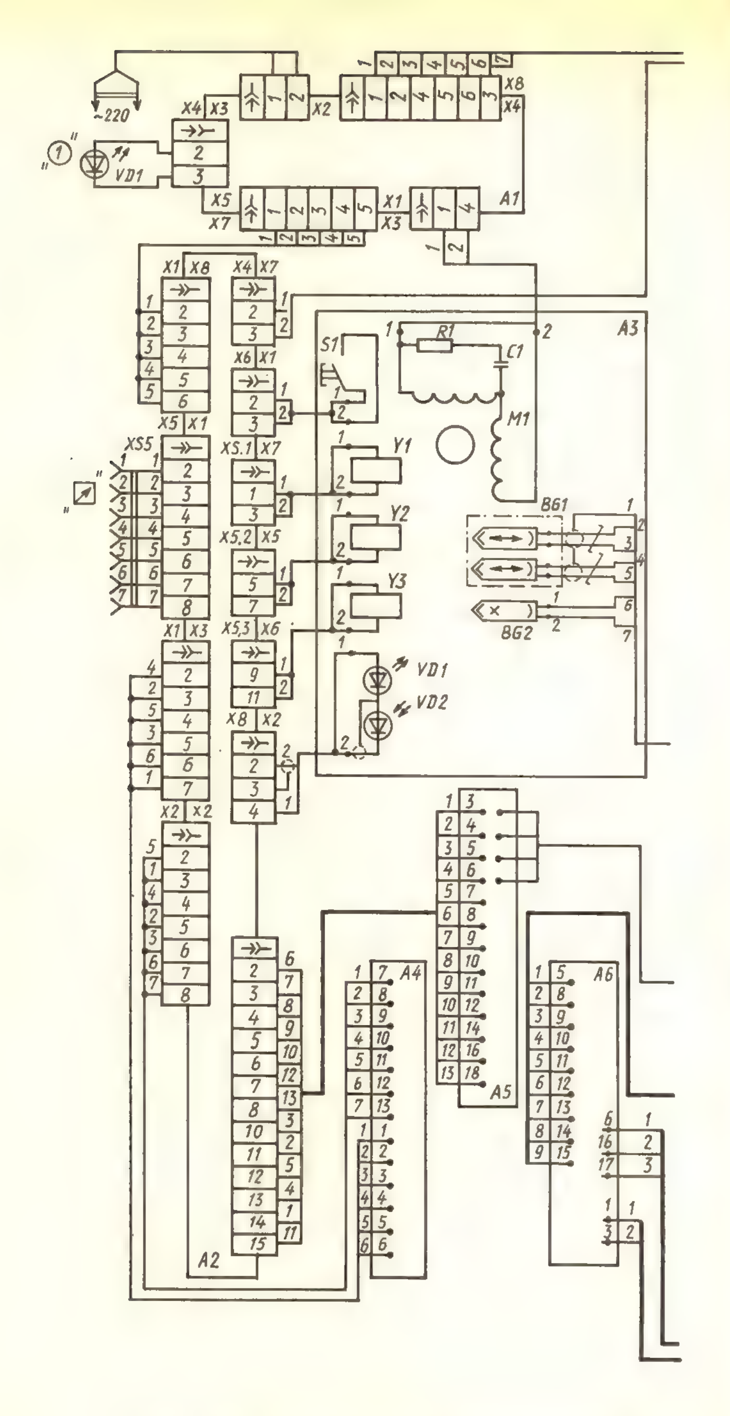
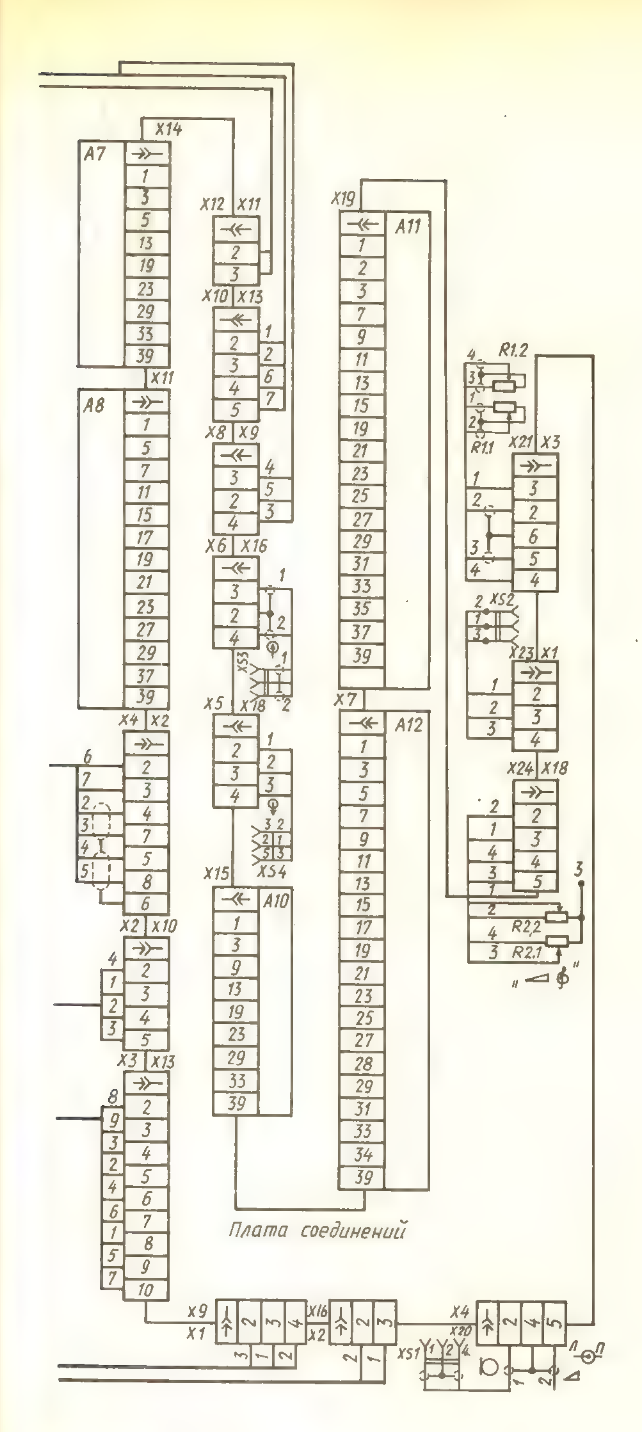


Рис. 3.13. Электрическая функциональная схема



магнитофона «Электроника МП-204-стерео»

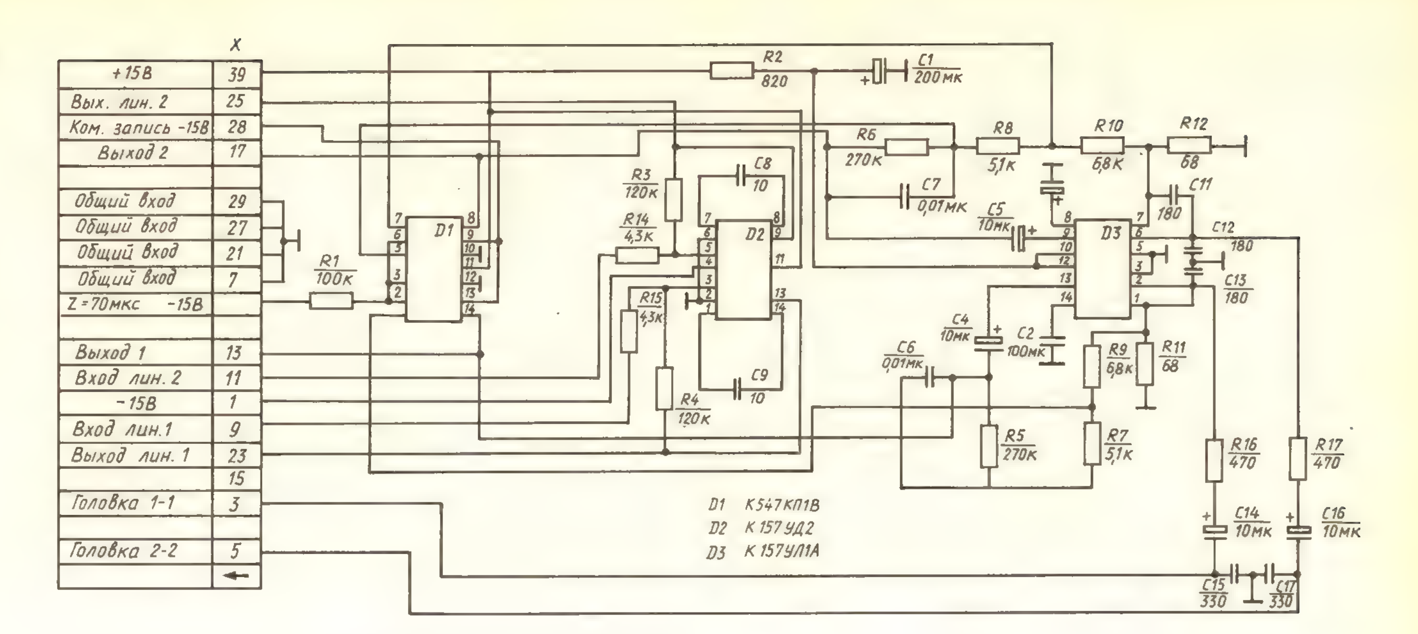


Рис. 3.14. Принципиальная схема усилителя воспроизведения

D3, выполняющей функции предварительного усилителя с коррекцией АЧХ. Коррекция АЧХ производится цепочкой *R5, C6, R7, R9* (*R6, C7, R8, R10*). Причем параллельная часть цепочки формирует АЧХ в области нижних частот, общую для всех лент, а последовательная — в области верхних частот для лент типа МЭК I (режим *Fe*). При наличии команды «*Cr*» или «*Fe-Cr*» на выводе *2(6)* микросхемы *D1* последняя выводами *1, 3 (5, 7)* шунтирует резистор *R7 (R8)*. В этом случае АЧХ усилителя формируется последовательной цепочкой *C6, R9 (C7, R10)* для лент типа МЭК II и МЭК III (режимы «*Cr*» и «*Fe-Cr*»). При установке магнитофона в режим «Запись» выход предварительного УВ соединяется с общим проводом.

После предварительного усиления сигнал поступает на БКК и затем через резистор *R15 (R14)* подается на инверсный вход усилителя с линейной АЧХ *(D2)*. Коэффициент усиления этого усилителя определяется соотношением величин сопротивлений *R4 (R3)* и *R15 (R14)*.

Фильтр динамический шумопонижающий предназначен для понижения шумов на линейном выходе магнитофона. Шумоподавитель построен на двух микросхемах типа К157УД2, сборке из двух полевых транзисторов КР504НТ1Б и транзисторах КТ3107В и КТ3107Е (рис. 3.15).

Устойчивая работа ФДШ осуществляется при наличии на его входе сигнала уровнем 0,5 В. Цепочкой *C1, R4* происходит выделение высокочастотной составляющей сигнала и ее обработка на управляемом фильтре нижних частот в зависимости от амплитуды высокочастотной составляющей. Управляемый фильтр собран на сборке полевых транзисторов *D1* с частотно-зависимыми цепями *R7, C4, C5, R10, C3, C9*. На одном операционном усилителе из микросхемы *D2* происходит вычитание низкочастотной составляющей из исходного сигнала. Полученный в результате вычитания высокочастотный сигнал усиливается микросхемой *D3*.

Пороговой схемой на *D1, D2* сигнал обрабатывается, подается на компаратор *(D3)*, детектируется диодами *VD4, VD5* и поступает на затворы полевых транзисторов для управления фильтром нижних частот. Компенсация нелинейных искажений, вносимых ФДШ, производится резистором *R8*, а частота среза устанавливается резистором *R27*.

Усилитель записи оконечный (рис. 3.16) предназначен для формирования тока записи в универсальной головке. УЗО двухканальный и выполнен на операционном усилителе *D4* типа К157УД2 и электронных ключах микросхем *D1, D2, D3* типа К154КП1. Работает усилитель следующим образом.

Кроме усиления УЗО должен обеспечить заданную форму частотной характеристики. Формирование АЧХ осуществляется цепочкой *R20, C6, R24, R23, C10, C14* (*R19, C5, R21, R22, C9, C11*), включенной в цепь обратной связи. Цепь *R20, C6* формирует АЧХ в области нижних частот, а двойной Т-образный мост *R24, R23, C10, C14 (R21, R22, C9, C11)* — в области верхних частот.

При изменении типа ленты формирование АЧХ происходит в два этапа. На первом этапе АЧХ формируется входными цепями *R2, C2, R5, R6, R10, C4 (R1, C1, R4, R3, R9, C3)*. При подаче на вывод *13 (2)* команды «*Cr*» «—15В» электронный ключ *D1* выводами *14, 12 (1, 3)* подключает резистор *R5 (R4)* входной цепи к общему проводу. При подаче команды «Fe-Cr» «—15В» на вывод *13 (2)* микросхемы *D2* происходит подключение выводами *14, 12 (1, 3)* той же микросхемы резисторов *R6, R10 (R3, R9)* к общему проводу.

На втором этапе происходит изменение коэффициента передачи операционного усилителя на микросхеме *D4*. При наличии команды «*Cr*» «—15В» на выводе *9 (6)* ключа *D3* его выводы *10, 8 (5, 7)* подключают

резистор *R14 (R13)* параллельно резистору *R16 (R15)*, изменяя тем самым глубину отрицательной обратной связи. При наличии команды «*Fe-Cr*» «—15В» на выводе *13 (2)* микросхемы *D3* к резистору *R16 (R15)* выводами этой микросхемы *14, 12 (1, 3)* подключается резистор *R12 (R11)*.

Наряду с усилительными УЗО выполняет функции формирования сигналов «Ком. запись + 15В» и «Ком. запись — 15В». При наличии сигнала «Ком. запись + 5В» на базе транзистора *VT2* блока коммутации (рис. 3.20) последний открывается и на его коллекторе формируется напряжение, равное *0В*. Это напряжение поступает на вывод *6* электронного ключа *D1* платы УЗО, который формирует выводами *5, 7* сигнал «Ком. запись + 15В», поступающий на контакт *21* разъема *X* и на вывод *9* этой же микросхемы. В результате этого размыкаются контакты *10* и *8*, а на контакте *23* разъемы *X* формируется сигнал «Ком. запись—15В».

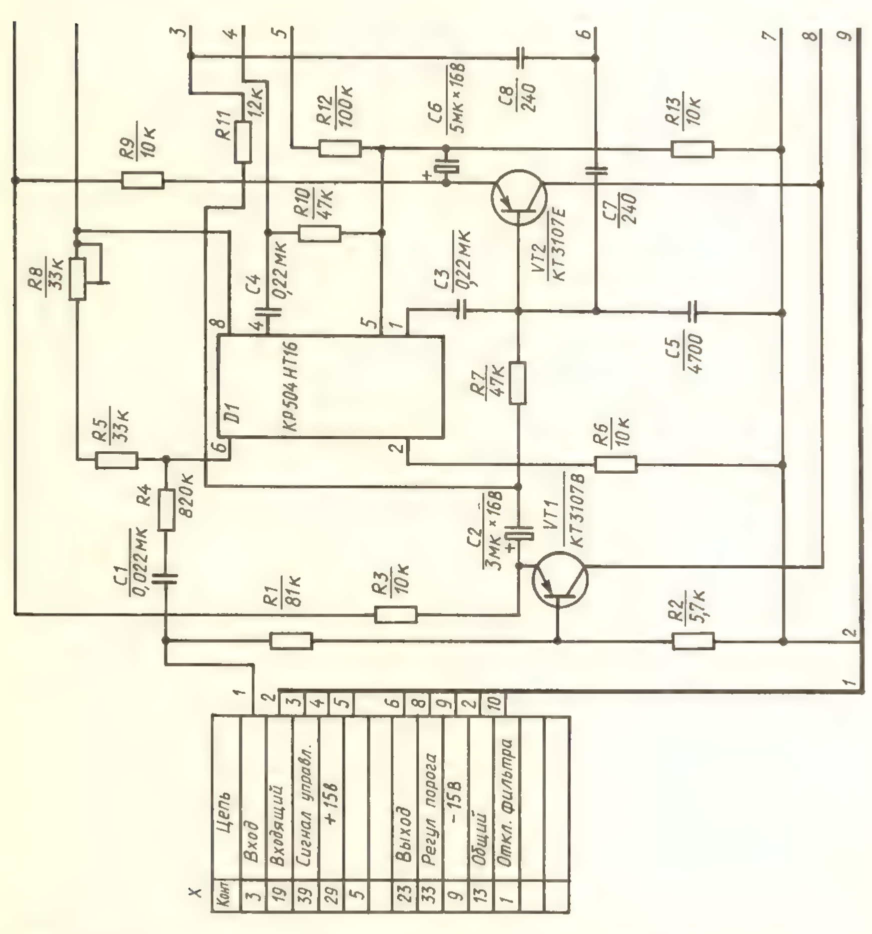
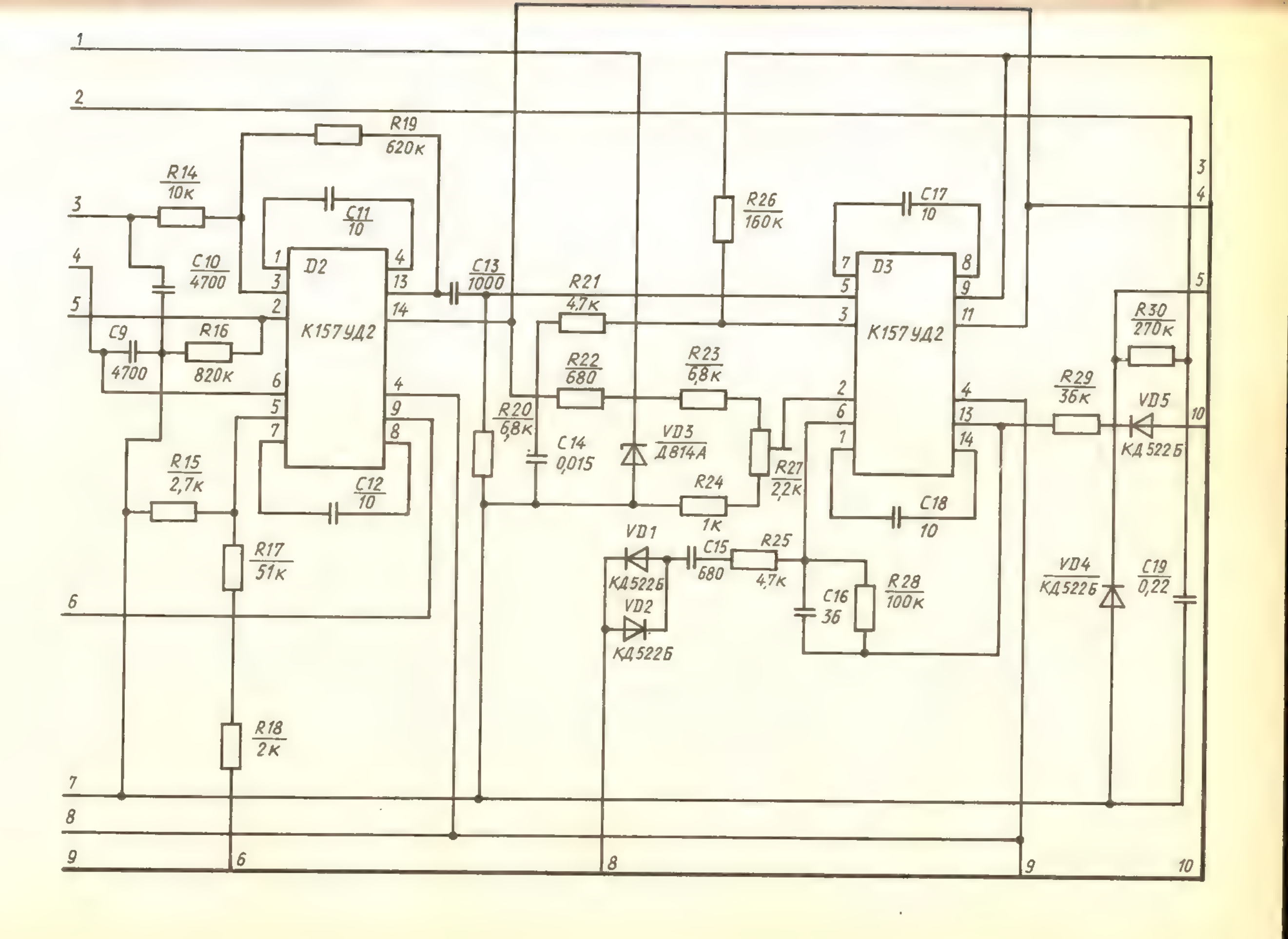


Рис. 3.15. Принципиальная схема динамического фильтра шумопонижения



R30 270к
VD5 КД522Б
C19 0,22
R29 36к
VD4 КД522Б
C17 10
D3
К157УД2
C18 10
R28 100к
C16 36
R27 22к
R26 160к
R25 4,7к
R23 6,8к
R24 1к
C15 680
VD3 Д814А
VD1
VD2
КД522Б
КД522Б
R21 4,7к
R22 680
C14 0,015
R20 6,8к
C13 1000
R19 620к
C11 10
D2
К157УД2
C12 10
R17 51к
R18 2к
R14 10к
C10 4700
R16 820к
R15 2,7к
C9 4700

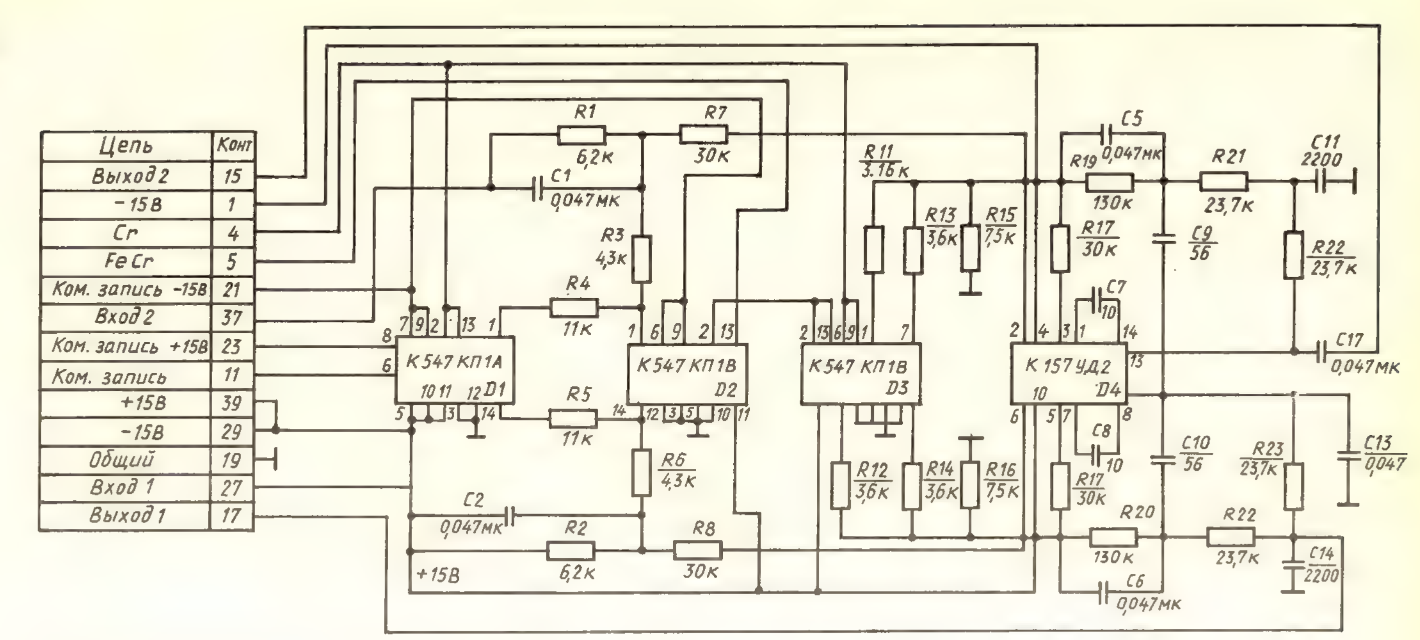


Рис. 3.16. Принципиальная схема оконечного усилителя записи

Генератор стирания и подмагничивания смонтирован на плате вместе с телефонным усилителем (УТ). Схема ГСП с УТ приведена на рис. 3.17. Генератор выполнен по двухтактной схеме на транзисторах *VT2* и *VT3* и работает в импульсном режиме. Включение генератора производится подачей сигнала «Ком. запись +15В» на базу транзистора *VT1*, работающего в ключевом режиме. Положительный потенциал на базе транзистора открывает его, тем самым соединяя эмиттеры транзисторов *VT2* и *VT3* с общим проводом и приводя генератор в рабочее состояние.

Частотно-задающий контур генератора образуется индуктивностями универсальной головки *BG1* и обмотки *1—3* трансформатора *T*, а также конденсаторами *C4, C5*. Режим генерации обеспечивается напряжением положительной обратной связи, снимаемой с обмотки *4—5* трансформатора, а напряжение подмагничивания снимается с обмотки *6—8*.

Величина тока подмагничивания задается напряжением питания генератора, которое, в свою очередь, определяется величинами резисторов *R3, R13, R14*, коммутируемых транзисторами *VT5, VT6*, расположенными в БКК (рис. 3.20) и управляемыми командами с переключателя типов лент в БИРЛ (рис. 3.19).

Выходное напряжение генератора устанавливается такой величины, чтобы в режиме *«Cr»* напряжение на стирающей головке было не менее 20 В. Частота тока генератора выбрана равной 80 кГц ± 8 кГц.

Для получения качественной записи должны быть установлены следующие величины токов подмагничивания: в режиме *«Cr»* не менее 1 мА, в режиме *«Fe-Cr»* не менее 0,76 мА, в режиме *«Fe»* не менее 0,56 мА.

Телефонный усилитель собран на одной плате с ГСП и предназначен для усиления сигналов звуковой частоты до величины, необходимой для нормальной работы головных телефонов типа ТДС-1. Схема двухканального телефонного усилителя выполнена на двух операционных усилителях *D1, D2* типа К157УД1. Сигнал через цепочку *R7, C6* (*R15, C11*) подается на инверсный вход микросхемы *D1* (*D2*). Коэффициент передачи усилителя определяется соотношением сопротивлений резисторов *R5, R7* (*R11, R15*).

Блок индикации уровней (рис. 3.18) предназначен для индикации уровней сигнала в левом и правом каналах магнитофона и для формирования команд *«Fe»*, *«Fe-Cr»*, *«Cr»*, «Микрофон» и «Шумоподавитель». Конструктивно блок выполнен на двух печатных платах. На одной плате установлены все основные элементы схемы, а на второй — переключатели для подачи команд. Для визуальной индикации в схеме использован вакуумно-люминесцентный индикатор типа ИЛТ6-30М, который работает совместно со специализированной микросхемой *D3* типа КР1534ПП1.

Схема работает следующим образом. Входные сигналы поступают на интегрирующие цепи *VD3, R5, R7, C3* (*VD4, R6, R8, C4*). Проинтегрированные сигналы подаются на входы *21, 22* внутреннего коммутатора *DA3* и с выхода *18* на вход *2* усилителя *DA2.1*. Этот усилитель охвачен обратной связью. В цепь обратной связи включен транзистор *VT3* (КТ315И) и подстроечный резистор *R17*. Элементы обратной связи позволяют регулировать начальную чувствительность каналов среднего уровня и получить логарифмический вид передаточной характеристики усилителя на *DA2.1*. Это необходимо для согласования входных уровней с градуировкой шкалы индикатора. С выхода *13* микросхемы *DA2.1* сигнал подается на вывод *17* микросхемы *DA3* (вход пороговых устройств). Сигналы включения сегментов индикаторов формируются на выводах 30...45 микросхемы *DA3*.

Транзистор *VT4* (КП303Б) обеспечивает работу коммутатора, а элементы *C9, R16* определяют частоту коммутаций. Источники тока, выпол-

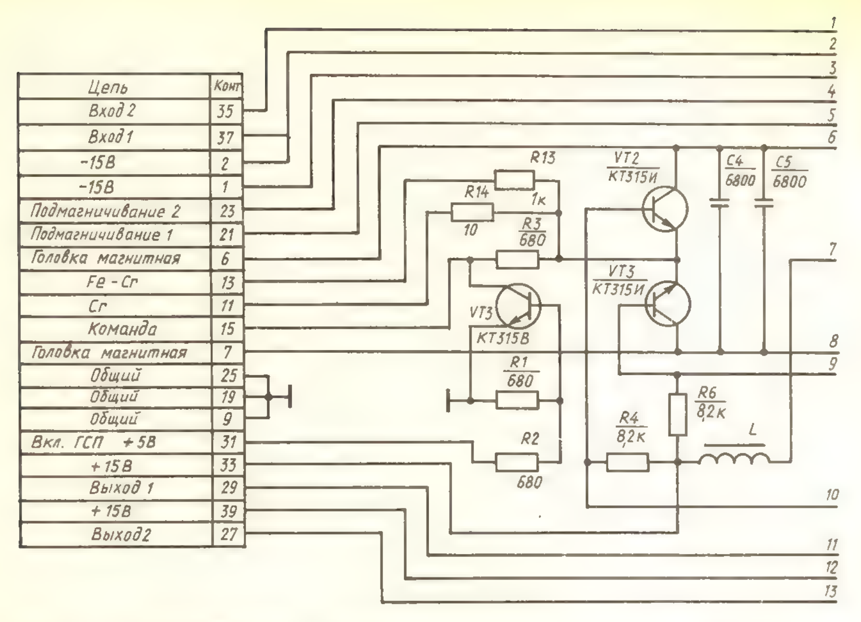


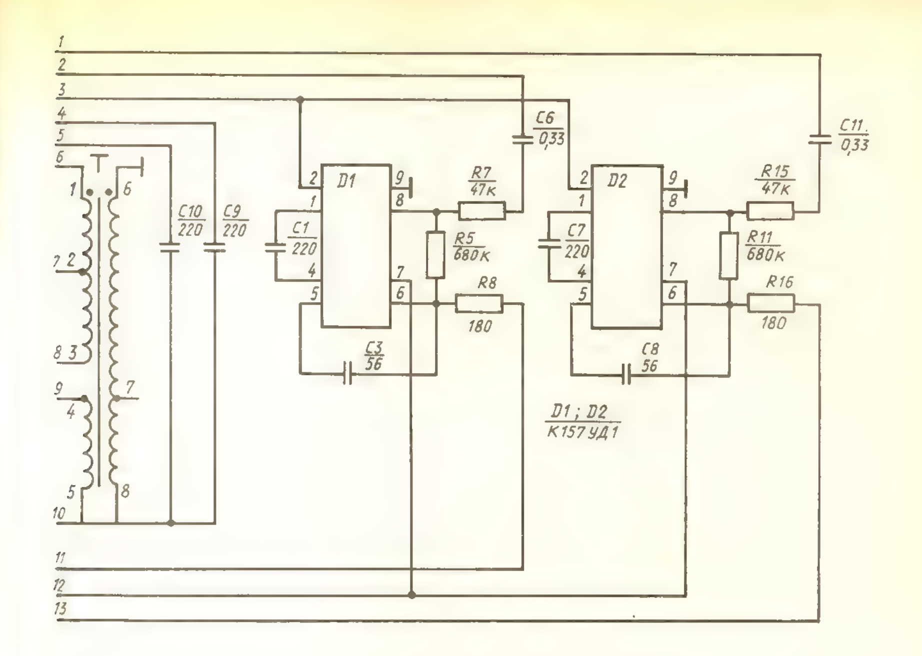
Рис. 3.17. Принципиальная схема генератора стирания и подмагничивания и телефонного усилителя

ненные на транзисторах *VT1, VT2* (2Т209М), обеспечивают нормальную работу микросхемы *DA3*.

Интегрирующие цепи *VD5, R9, C5, R11* (*VD6, R10, C6, R12*) и повторитель на микросхеме *DA2.2* используются для индикации пиковых уровней.

Блок индикации расхода ленты (рис. 3.19) состоит из электронного счетчика и индикатора. Электронный счетчик выполнен на микросхемах типа М86. Счетная часть блока выполнена на микросхемах *DD1...DD3*, а на микросхеме *DD4* выполнен делитель на *10*. На вход делителя (вывод 05 микросхемы *DD4*) поступают прямоугольные импульсы соответствующего формирователя БУР (рис. 3.21), и счетчик просчитывает каждый импульс. Каждый разряд счетчика выполнен на микросхеме, которая представляет собой декадный реверсивный счетчик с встроенной схемой памяти и дешифратором для семисегментного кода индикатора. При подаче на вывод *16* микросхемы потенциала +15В счет производится в прямом направлении, то есть происходит суммирование счетных импульсов. При подаче на вывод *16* потенциала 0В или —15В счет производится в обратном направлении. Индикация состояний электронного счетчика осуществляется трехразрядным вакуумно-люминесцентным индикатором *HG*, каждый разряд которого представляет собой семисегментный знак.

При переходе какого-либо разряда счетной части из состояния *9* в состояние 0, или наоборот, на выводе *13* микросхемы этого разряда формируется отрицательный импульс переноса. В момент совпадения текущего значения счетчика с состоянием, записанным в схему памяти, на выводе *14* формируется отрицательный потенциал. Импульс переноса счетчика и потенциал, выработанный схемой памяти, используются



формирователем БУР для выработки сигнала «Программный автоостанов».

Блок коммутации комбинированный (БКК) (рис. 3.20) определяет цепи прохождения сигналов между блоками магнитофона и осуществляет необходимую коммутацию при изменении режимов работы. Рассмотрим работу схемы БКК в режиме «Воспроизведение».

Сигнал звуковой частоты с магнитной головки поступает на вход усилителя воспроизведения платы УВ (см. рис. 3.14). С выхода усилителя сигнал через контакты *13 (17)* платы, резисторы *R14 (R18)*, регулирующие уровень воспроизведения, открытые ключи микросхемы *DA2*, выводы *7, 5 (1, 3)* — поступает на вход линейного усилителя платы УВ через контакты *9 (11)* разъема *X7*. С выходов линейного усилителя УВ через контакты *23 (25)* платы УВ, через подстроечные резисторы *R48, R51* поступает на БИУ (разъем *X16*) и через резистивные делители *R35, R36, (R47, R46)*, разъемы *X14 (X15)* — на входы ФДШ. С выходов ФДШ через открытые ключи *12, 14 (8, 10)* микросхемы *DA1* (БКК) сигнал поступает на линейный выход через резисторы *R2.1, R2.2* на вход телефонного усилителя.

Команда включения линейного выхода подается с БУР (рис. 3.21) через разъем *X12* на базу транзистора *VT1* (БКК), который открывается и формирует на затворах ключей (выводы *13, 9* микросхемы *DA2*) напряжение —15В.

Команды переключения типов лент подаются с БИУ через разъем *X13* на выводы *2, 9, 13* микросхемы *DA3* (БКК), и на выводах *1, 8, 12* формируются управляющие напряжения, которые подаются на УВ, УЗО, ГСП.

В режиме «Запись» сигнал по блоку коммутации проходит следующим образом.

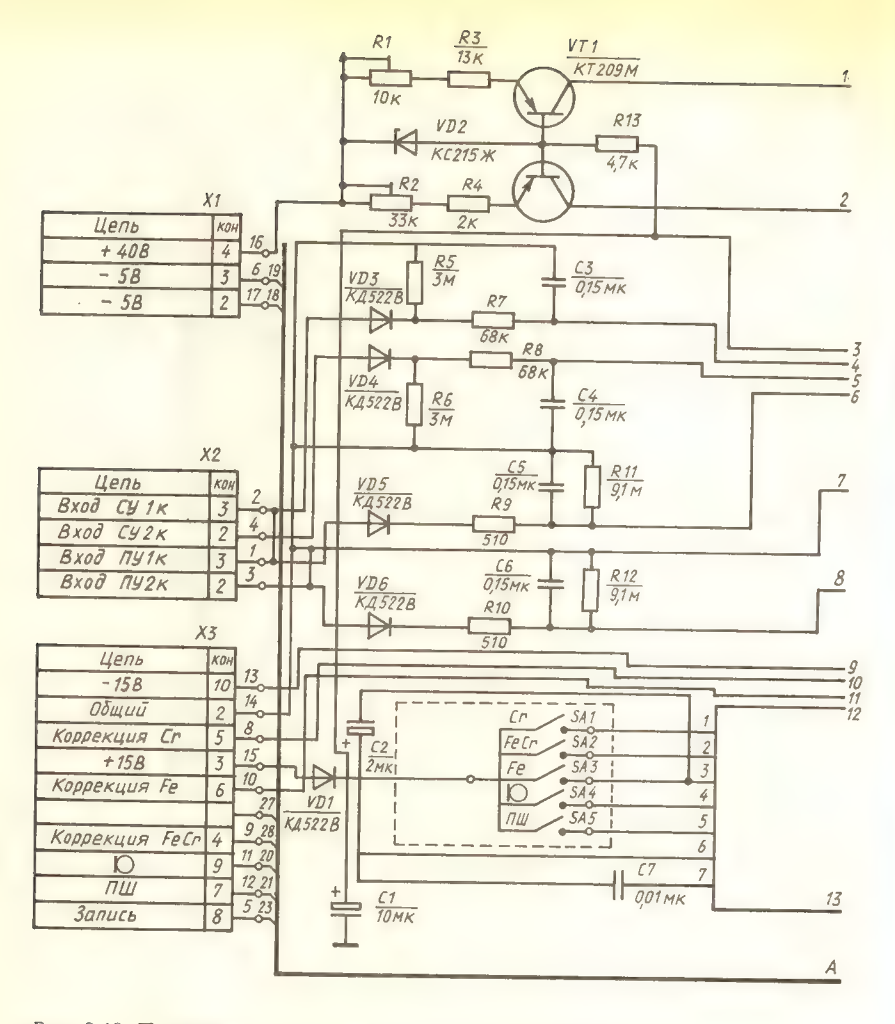
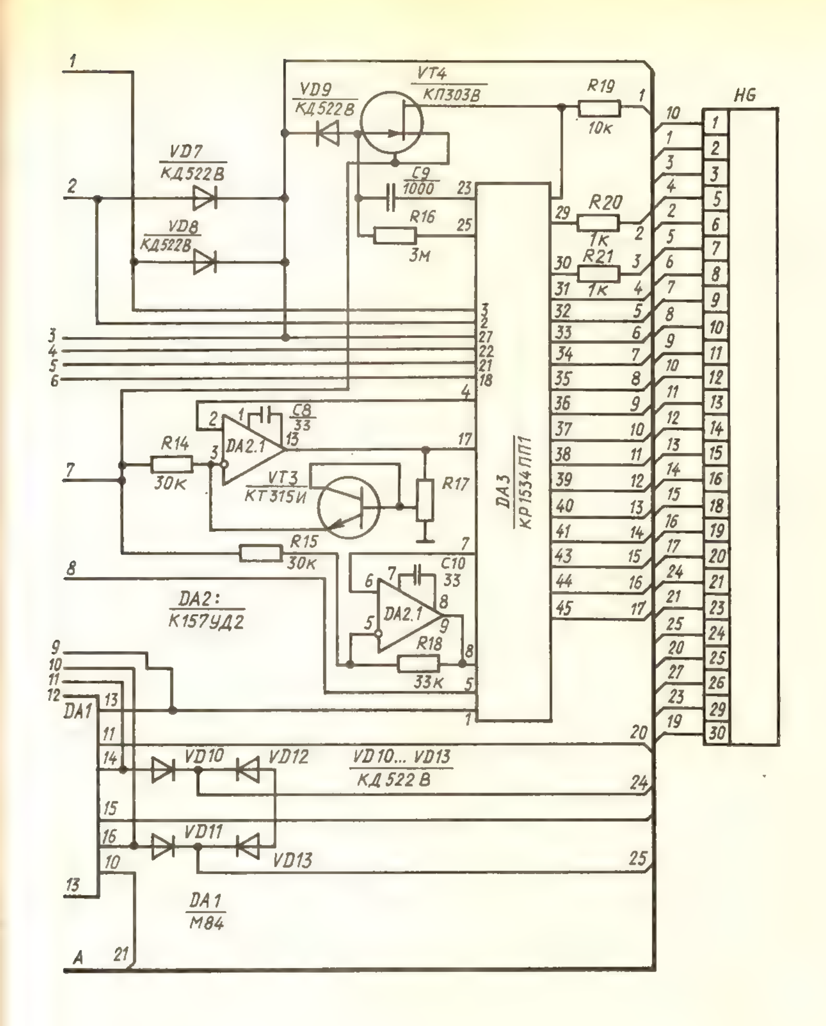


Рис. 3.18. Принципиальная схема блока индикации уровней

Команда «Запись» «+5 В» подается с БУР через разъем *X12* на базу транзистора *VT2* БКК, на коллекторе которого напряжение становится равным 0В, и этот потенциал подается на контакт *11* платы УЗО. Одновременно команда «+5 В» через этот же разъем подается на базу транзистора *VT3*, который открывается и запитывает обмотки реле *K1*, *K2*, установленных на БКК. Контакты этих реле замыкают на корпус выводы магнитной головки, используемые при воспроизведении, и размыкают выходную цепь оконечного усилителя записи.

Входной сигнал через выводы *7, 5 (8, 10)* открытых ключей микросхемы *DA7* (режим «Лин. выход») или выводы *10, 8 (14, 12)* микросхемы *DA4* (вход «Микрофон») подается на предварительный усилитель записи, собранный на микросхеме *DA5* на плате БКК. Коэффициент усиления предварительного усилителя с помощью ключей микросхемы



DA6 изменяется в зависимости от величины коэффициента передачи цепи отрицательной обратной связи.

С выхода *9 (13)* микросхемы *DA5* сигнал поступает на регуляторы уровня записи *R1.1*, *R1.2* и через выводы *14, 12 (8, 10)* микросхемы *DA2* — на входы линейной части усилителя воспроизведения. С выхода УВ напряжение, величина которого зависит от положения движков регуляторов уровня записи, поступает на ФДШ и на входы УЗО через выводы *1, 3 (5, 7)* микросхемы *DA1*. Подстроечными резисторами *R6 (R8)* устанавливают ток записи при регулировке.

Установку тока подмагничивания при работе с различными типами лент производят с помощью транзисторов *VT5*, *VT6*, управление которыми осуществляют подачей напряжений с платы БИУ.

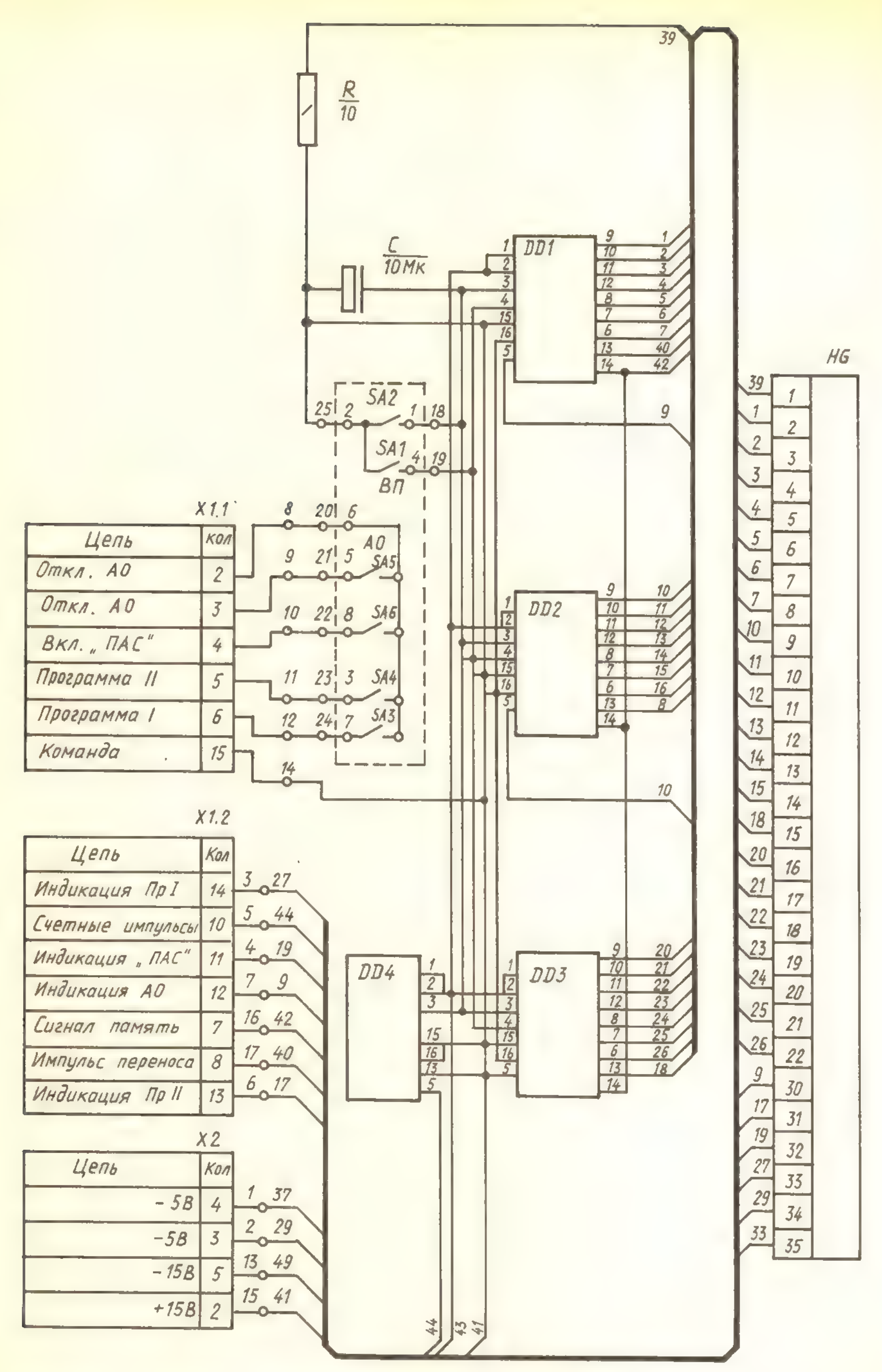


Рис. 3.19. Принципиальная схема индикации расхода ленты

Блок управления режимами (рис. 3.21) предназначен для управления режимами МЛП магнитофона. В состав блока входят: микроконтроллер на большой интегральной микросхеме типа К145ИК1906, обеспечивающий логическое управление режимами; токовые ключи управления электромагнитами; ключи индикации режимов; устройство задержки; коммутатор режимов; формирователь импульсов фотодатчика и сигнала «Автоостанов»; формирователь сигнала «Программный автоостанов».

Включение любого режима или переход из одного режима в другой осуществляются через коммутатор, выполненный на микросхемах *DA1*, *D2.1* типа К157КП1А. Нажатием кнопки на блоке управления подается напряжение «—15 В» на один из затворов ключей микросхем *D1* или *D2.1* (выводы 2, 6, 9, 13 микросхемы *D1* или вывод *13* микросхемы *D2.1*) полевых транзисторов коммутатора. При этом соответствующий сигнал с выходов микросхемы *D3* (выводы *44, 45, 46, 47*) подается на соответствующий вход (выводы *39, 41*), а на одном из выходов *D3* (выводы *27, 28, 29*) вырабатывается напряжение «+15В». Это напряжение подается на один из токовых ключей, выполненных на транзисторах *VT3, VT10, VT13* типа КТ315Г и *VT2, VT11, VT12* типа КТ815В, который включает выбранный режим. При наличии управляющего напряжения на входе контроллера на выводах *14, 16, 17, 20* вырабатывается импульсное напряжение, управляющее ключами индикации, выполненными на транзисторах *VT1, VT5, VT6, VT7, VT8* типа КТ315Г.

Включение режима на передней панели сопровождается загоранием светодиода, соответствующего выбранному режиму. Сигналы индикации режимов «Автоостанов», «Программный автоостанов», «Программа I», «Программа II» подаются с выходов контроллера (выводы *22, 23, 25, 26*) на вакуумно-люминесцентный индикатор HG1, который входит в состав блока индикатора расхода ленты (БИРЛ).

Включение усилителя записи, генератора стирания и подмагничивания и линейного выхода магнитофона производится при наличии соответствующих команд с микроконтроллера ключами, выполненными на транзисторах *VT4, VT9* типа КТ315Г.

Для предотвращения сбоев в работе блока в схеме предусмотрено устройство задержки, которое обеспечивает выдержку паузы между подачей и выдачей команд микроконтроллером. Устройство задержки выполнено на транзисторах *VT14, VT17* типа КТ814В, *VT15* типа КТ3107.

Формирователь импульсов фотодатчика и сигнала «Автоостанов» выполнен на микросхемах *D2.2* и *D4* типа К157КП1А. Формирователь представляет собой триггер Шмитта, вырабатывающий из сигналов фотодатчика последовательность прямоугольных импульсов при движении магнитной ленты. Прямоугольные импульсы с формирователя (вывод *8* микросхемы *D4*) поступают на вход электронного счетчика платы БИРЛ.

С конденсатора *C12* снимается сигнал «Автоостанов» и подается на вывод *37* микроконтроллера. Сигнал формируется при остановке узлов МЛП, например, при окончании ленты в кассете, при намотке ленты на ось тонвала и т. д., и представляет собой экспоненциально нарастающее напряжение на конденсаторе *C12* при его заряде от источника напряжения +15 В через резистор *R50*. При движении ленты и узлов МЛП конденсатор *C12* не успевает зарядиться до напряжения, необходимого для срабатывания автоостанова.

Сигнал команды «Программный останов» формируется на транзисторах *VT19, VT21* типа КП304А. Формирователь вырабатывает импульсы отрицательной полярности в момент поступления импульса переноса с электронного счетчика БИРЛ на затвор транзистора *VT21* или при поступлении отрицательного потенциала на затвор транзистора *VT19*,

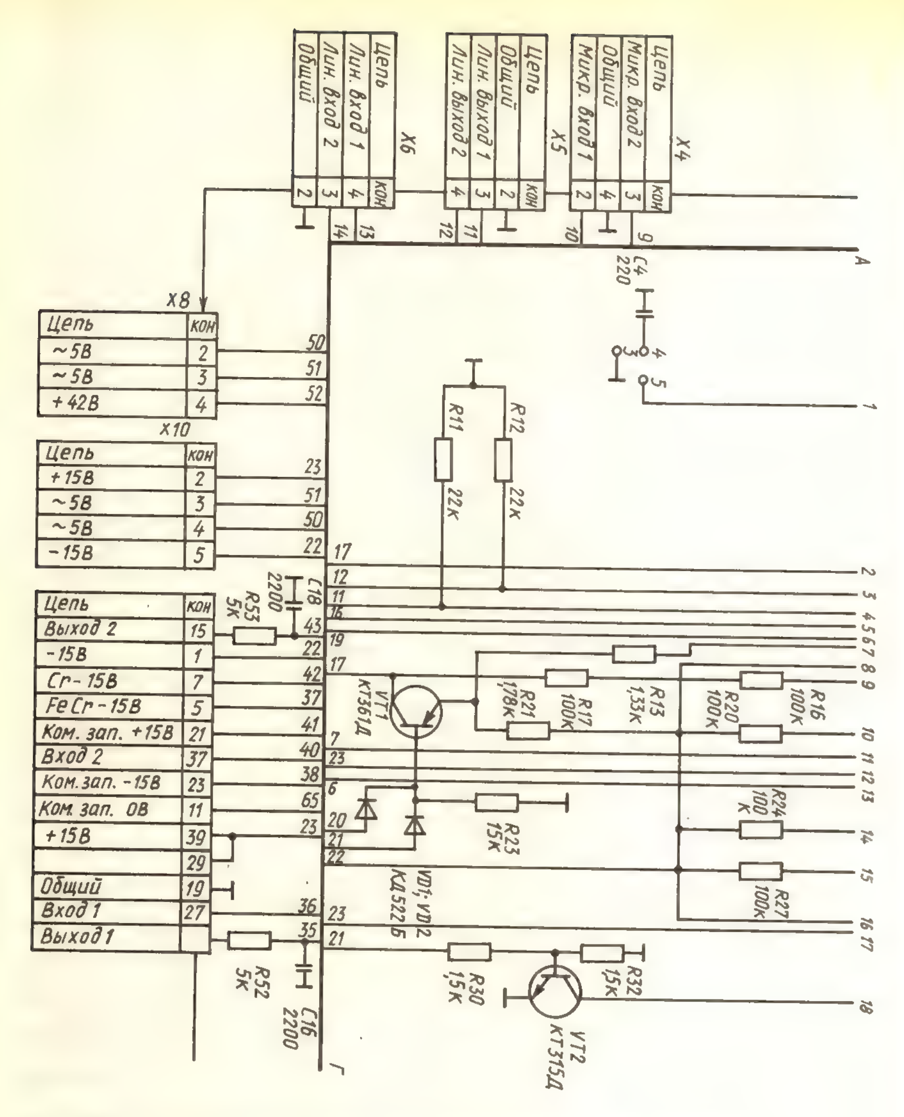
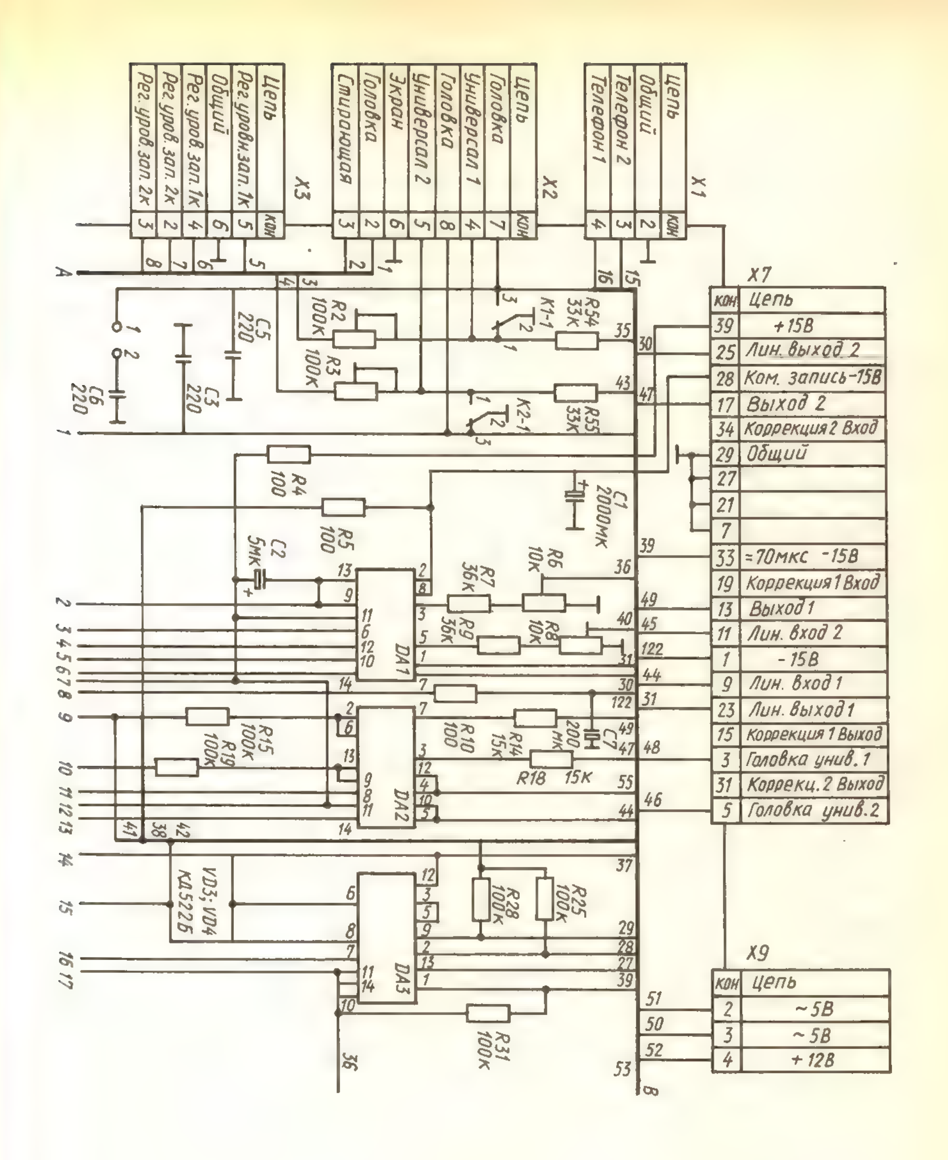


Рис. 3.20. Принципиальная схема комбинированного блока индикации



вырабатываемого электронным счетчиком. С выхода формирователя команды «Программный останов» импульсы поступают на вывод *36* микроконтроллера.

Блок питания (рис. 3.22) вырабатывает стабилизированное напряжение ± 15 В и нестабилизированные напряжения + 10 В, + 42 В и переменное напряжение 5 В.

Выпрямители стабилизатора на ± 15 В выполнены на диодных мостах *VD1*, *VD2* типа КЦ412В и фильтрующих конденсаторах *C1*, *C2*...*C5*.

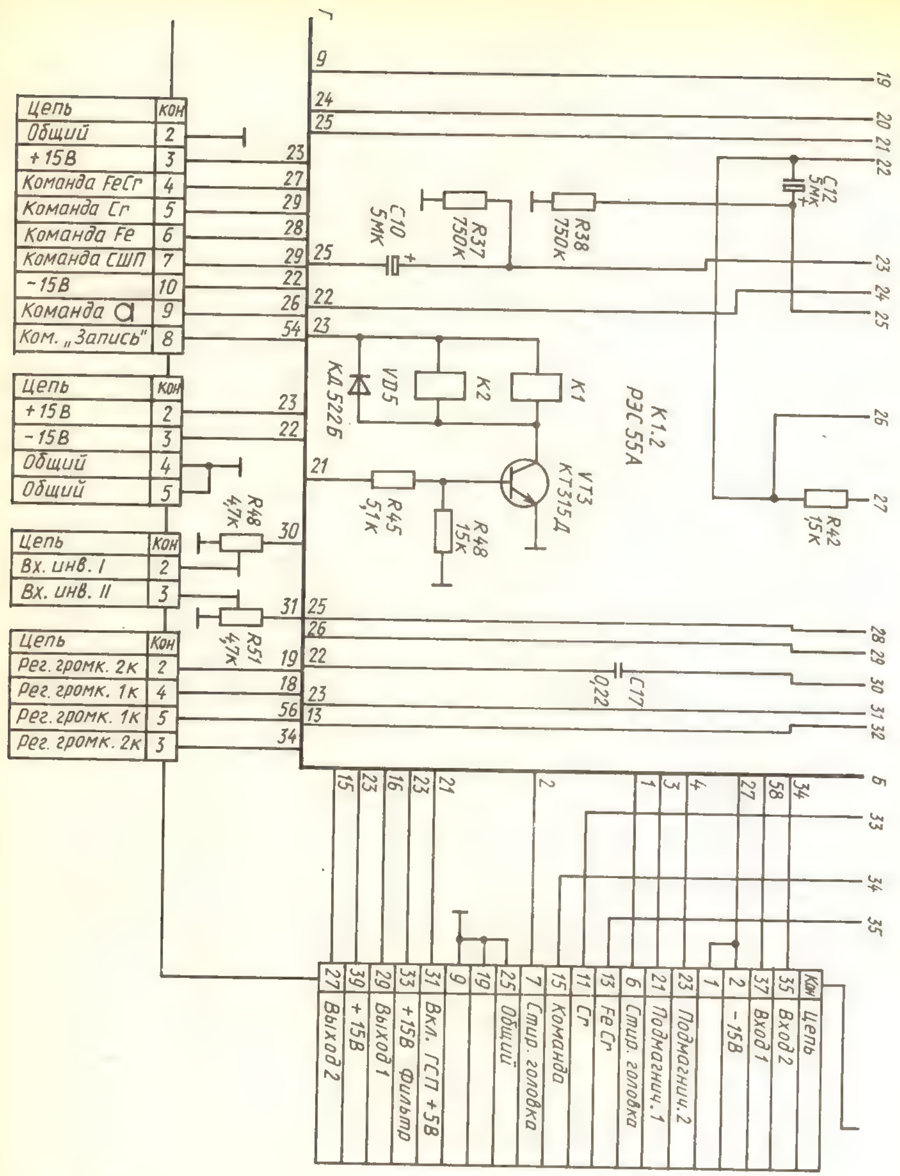
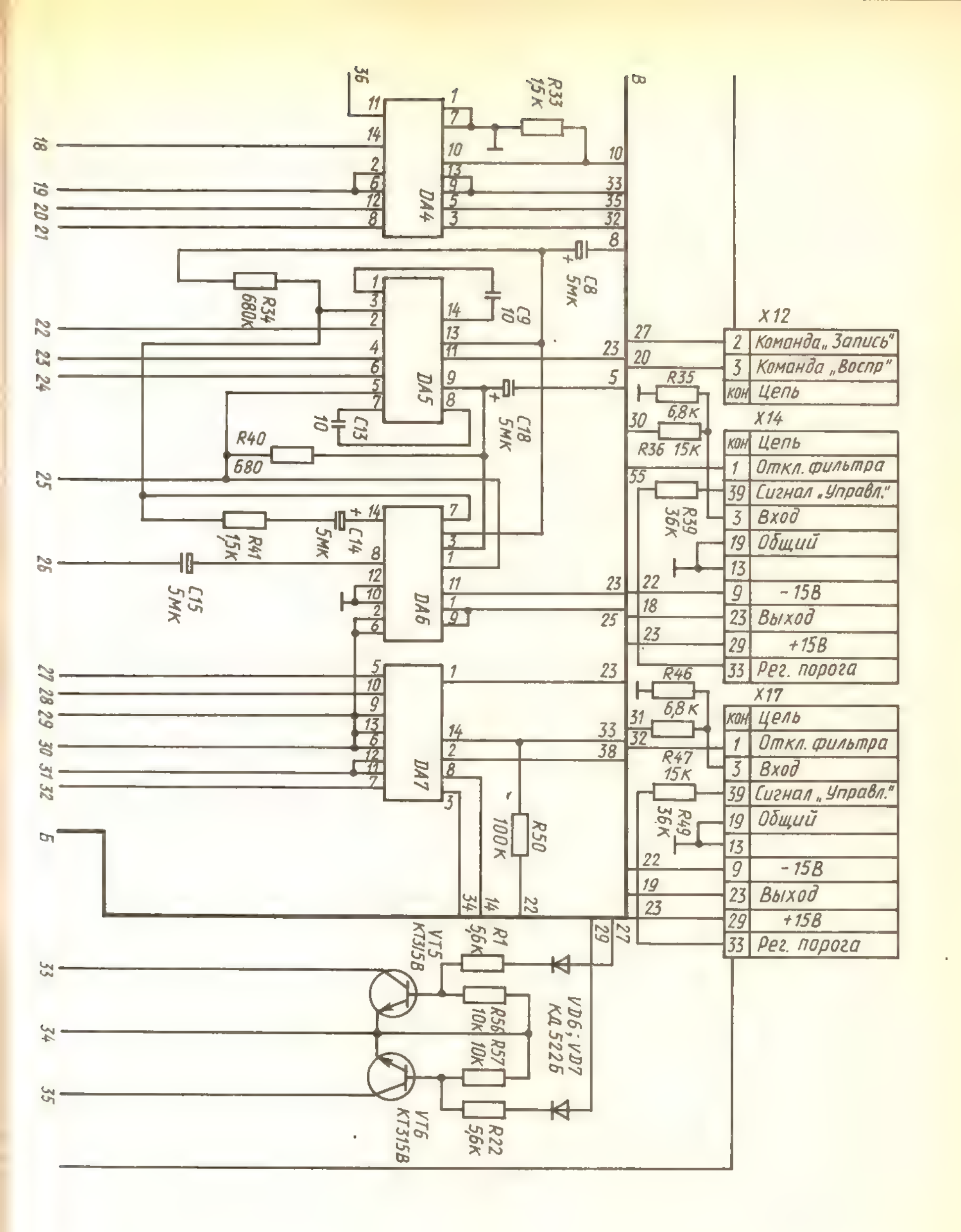


Рис. 3.20

Стабилизаторы напряжения, примененные в блоке компенсационного типа, построены по классической схеме: регулирующий транзистор, управляющий транзистор, схема сравнения. Схемы сравнения обоих плеч стабилизатора собраны на микросхеме *DA1* типа К157УД2. Эталонное напряжение задается только для стабилизатора напряжения положительной полярности (*VD8* типа КС210Б). Эталонным напряжением для стабилизатора —15 В служит выходное напряжение стабилизатора



+15 В. Для установки выходного напряжения +15 В служит резистор *R10*.

Источники напряжения +10 В и +42 В выполнены по однополупериодной схеме выпрямления.

Ниже приводятся таблицы с напряжениями на выводах транзисторов и микросхем по платам магнитофона.

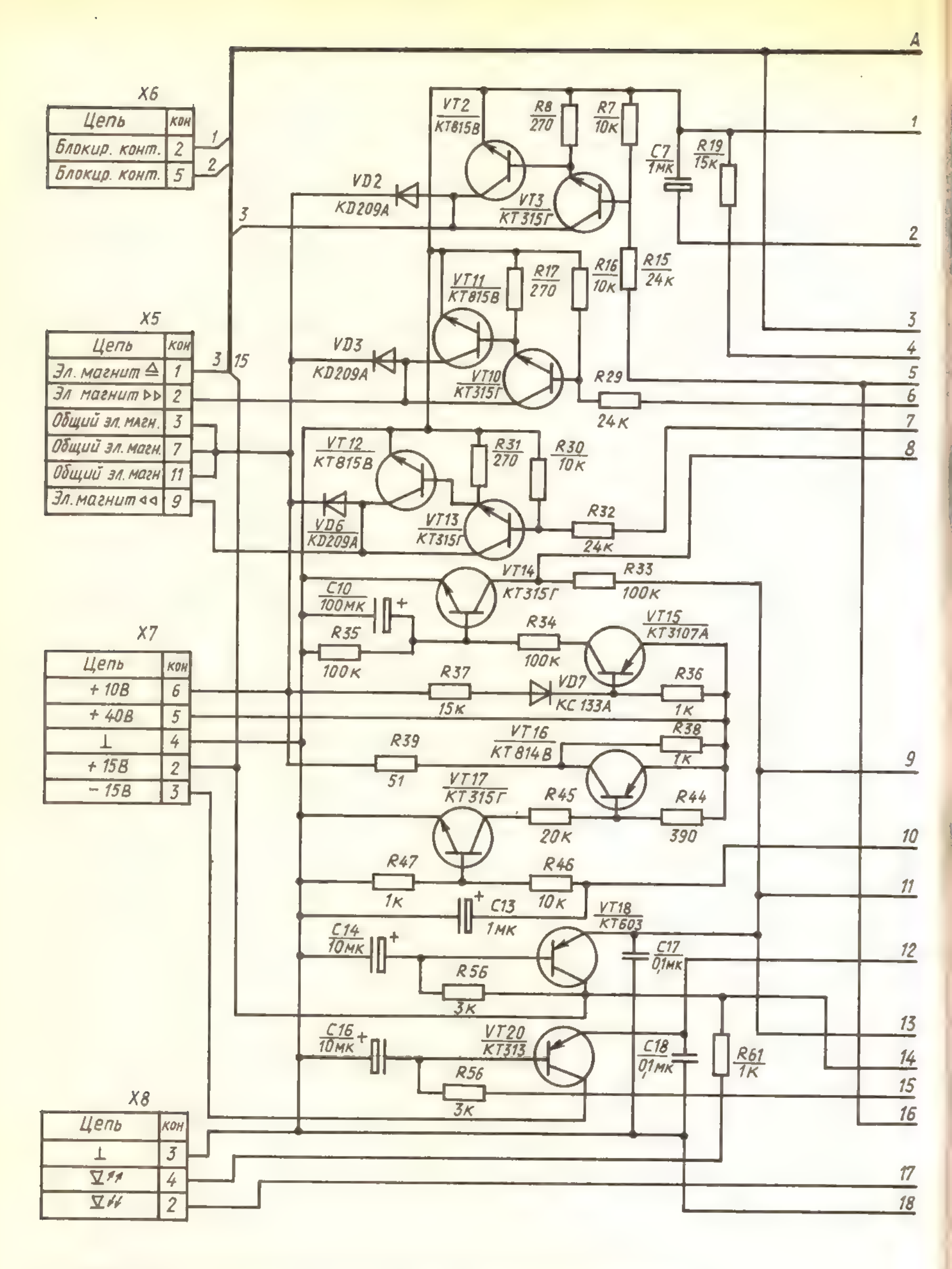
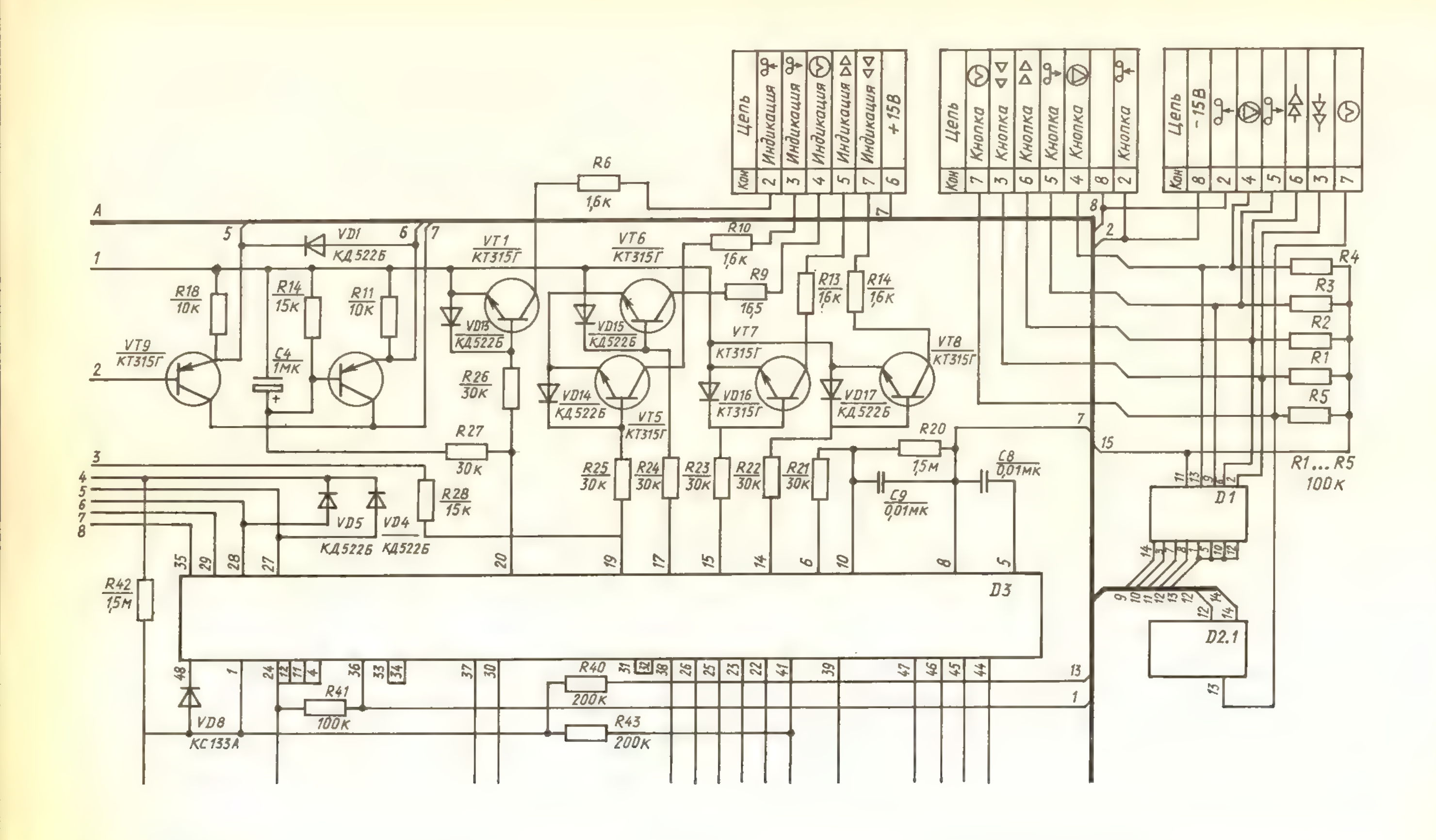


Рис. 3.21. Принципиальная схема блока управления режимами


R42 1,5М
VD8 КС133А
R41 100К
R40 200К
R43 200К
D3
VD5 КД522Б
VD4 КД522Б
R28 15к
R27 30к
R26 30к
VD18 КД522Б
VT1 КТ315Г
VT9 КТ315Г
R18 10к
C4 1мк
R14 15к
R11 10к
VD1 КД522Б
R25 30к
R24 30к
R23 30к
R22 30к
R21 30к
VD14 КД522Б
VT5 КТ315Г
VD15 КД522Б
VT6 КТ315Г
R6 1,6к
VD16 КТ315Г
VT7 КТ315Г
R9 1,5
R10 1,6к
R13 1,6к
VD17 КД522Б
R14 1,6к
VT8 КТ315Г
C9 0,01мк
R20 1,5М
C8 0,01мк
D1
D2.1
R1...R5 100К
R5
R1
R2
R3
R4
Кон
Цепь
2 Индикация
3 Индикация
4 Индикация
5 Индикация
7 Индикация
6 +15В
Кон
Цепь
7 Кнопка
3 Кнопка
6 Кнопка
5 Кнопка
4 Кнопка
8
2 Кнопка
Кон
Цепь
8 -15В
2
4
5
6
3
7

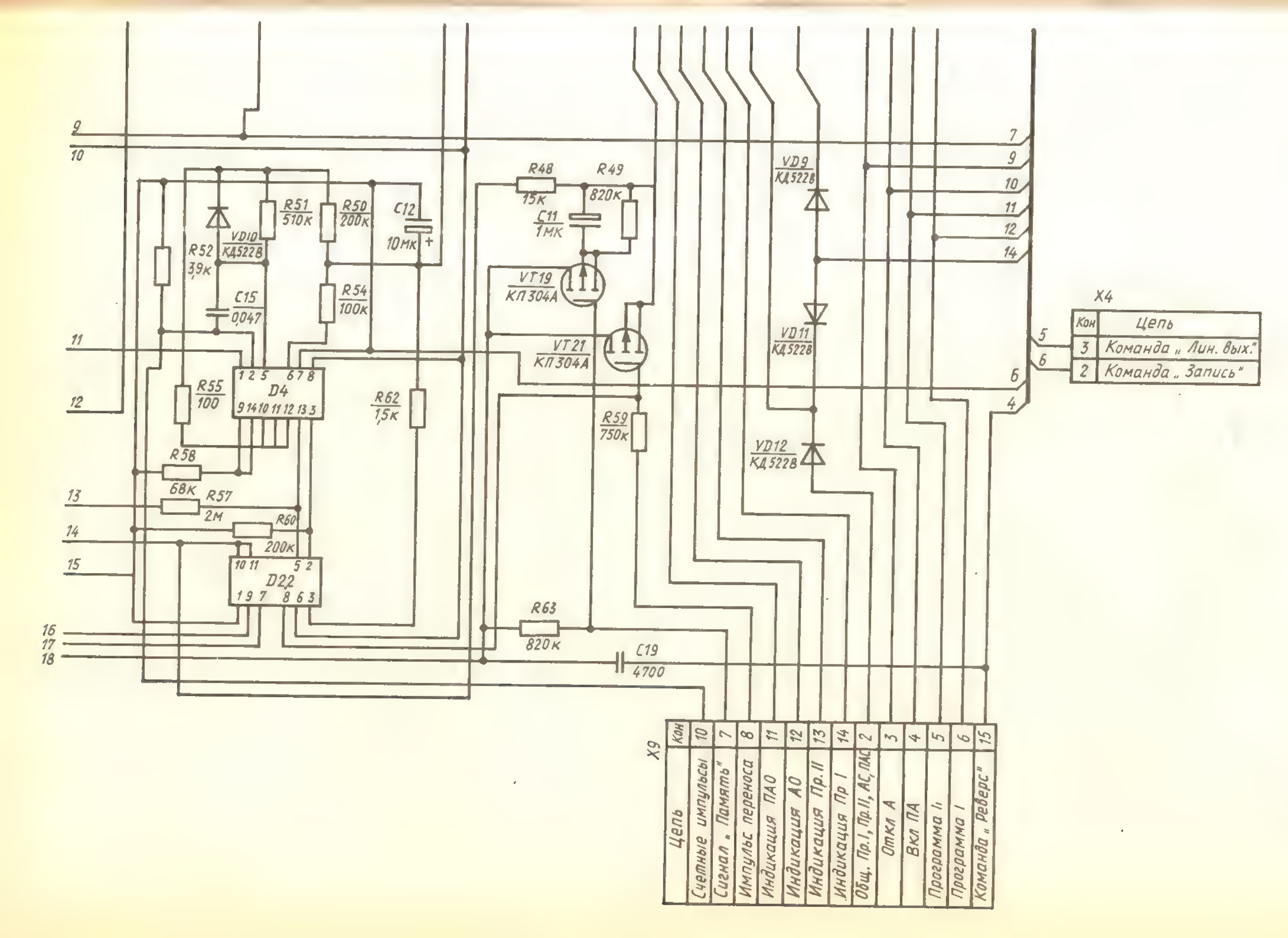

X9
Кон
Цепь
10 Счетные импульсы
7 Сигнал „ Память"
8 Импульс переноса
11 Индикация ПАО
12 Индикация АО
13 Индикация Пр. II
14 Индикация Пр I
2 Общ. Пр. I, Пр. II, АС, ПАС
3 Откл А
4 Вкл ПА
5 Программа I₁
6 Программа I
15 Команда „ Реверс"
X4
Кон
Цепь
3 Команда „ Лин. вых."
2 Команда „ Запись"
D4
D22
R48 15к
R49 820к
C11 1мк
VT19 КП304А
VT21 КП304А
R51 510к
R50 200к
C12 10мк
R52 3,9к
VD10 КД522В
C15 0,047
R54 100к
R55 100
R62 1,5к
R58 68к
R57 2М
R60 200к
R59 750к
R63 820к
C19 4700
VD9 КД522В
VD11 КД522В
VD12 КД522В

Рис. 3.21.

Таблица 3.1. **Усилитель воспроизведения** (рис. 3.14).

Обозн. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DA1	К547КП1В	0	11,6	0	0	0	11,6	0	0	12,8	0	13,3	0	12,8	0
DA2	К157УД2	—12,4	0	0	—13,7	0	0	—12,4	0	0	0	13,3	0	0	0
DA3	К157УЛ1А	0	0,56	0	—	0	0,56	0	0,64	5,8	9,7	—	9,7	5,8	0,63

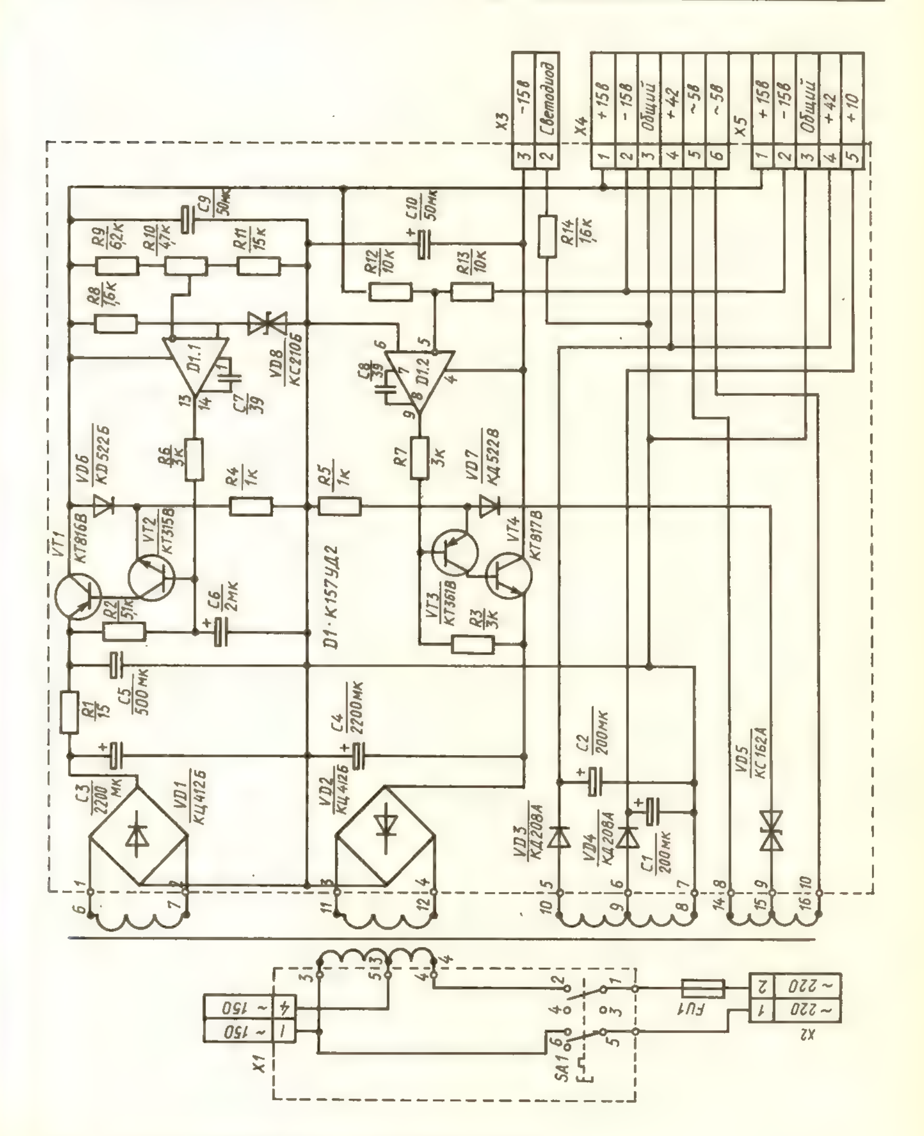


Рис. 3.22. Принципиальная схема блока питания

Таблица 3.2. **Фильтр динамический шумопонижающий** (рис. 3.15).

Обозн. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DA1	КР504НТ1Б	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
DA2	К157УД2	—12,9	0	0	—14,2	0	0	—12,9	0,3	0,2	0	14,2	0	—2	—2
DA3	К157УД2	—12,9	2	2	—14,2	0	0	—12,9	0	0	0	14,2	0	2	2

Таблица 3.3

Обознач. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э	Б	К
VT1	КТ3107В	0,67	0	—14,16
VT2	КТ3107В	1	0,36	—14,16

Таблица 3.4. **Усилитель записи оконечный** (рис. 3.16).

Обозн. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DA1	К547КП1А	0	14,2	0	—	14,2	14,2	14,2	—12,8	14,2	14,2	14,2	0	14,2	0
DA2	К547КП1В	0	14,2	0	—	—	—	—	—	—	—	14,2	0	14,2	0
DA3	К547КП1В	0	14,2	0	—	0	14,2	0	0	14,2	0	14,2	0	14,2	0
DA4	К547УД2	0	0	0	—14,2	0	0	—12,8	0,3	0,2	—	14,2	—	0	0

Таблица 3.5. **Генератор стирания и подмагничивания** (рис. 3.17).

Обозн. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DA1	К157УД1	—12,8	—14,2	—	—0,7	—13	0	14,2	0	0	—	—	—	—	—
DA2	К157УД1	—12,8	—14,2	—	—0,7	—13	0	14,2	0	0	—	—	—	—	—

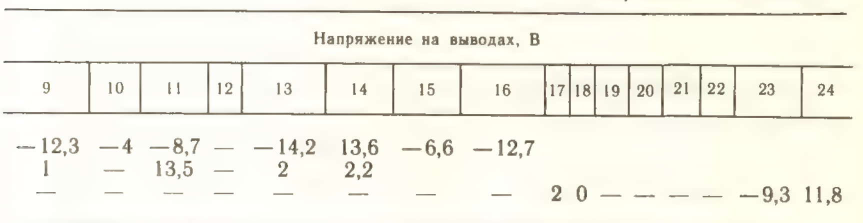
Таблица 3.6.

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э	Б	К
VT1	КТ315Б	0	0,8	0
VT2	КТ315И	6,7	7,2	13,9
VT3	КТ315И	6,7	7,2	13,9

Таблица 3.7. **Блок индикации уровней** (рис. 3.18).

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В							
		1	2	3	4	5	6	7	8
DA1	M84	−12,6	−12,6	−12,6	−12,6	—	−12,6	13,6	−2,7
DA2	К157УД2	−13	0	0,14		0,4	0	−13	1
DA3	КР1534ПП1	−14,2	4,8	10	0	0	—	0	0,8

Продолжение табл. 3.7



Напряжение на выводах, В															
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
−12,3	−4	−8,7	—	−14,2	13,6	−6,6	−12,7								
1	—	13,5	—	2	2,2										
—	—	—	—	—	—	—	—	2	0	—	—	—	—	−9,3	11,8

Продолжение табл. 3.7.

Напряжение на выводах, В													
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
9,6	—	13,5	—	−0,6	−0,6	13,5	−7,1	−7,1	−7,1	−7,1	−7,1	−7,1	−7,1

Продолжение табл. 3.7.

Напряжение на выводах, В									
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
−7,1	−7,1	−7,1	—	−6,8	−6,8	−6,8	—	—	—

Таблица 3.8.

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э(И)	Б(З)	К(С)
VT1	КТ209М	20,9	20,3	10,2
VT2	КТ209М	20,8	20,3	4,2
VT3	КТ315И	0,3	0,7	0,7
VT4	КП303В	−5,9	6	11,8

Таблица 3.9. **Блок коммутации комбинированный** (рис. 3.20)

Обозн. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В					
		1	2	3	4	5	6
DA1	К547КП1В	0	12,8 / —11,7	0	—	0	12,8 / —11,7
DA2	К547КП1В	0	—11,6 / 12,7	0	—	0	—11,6 / 12,7
DA3	К547КП1В	12,8	13,5	0	—	0	0
DA4	К547КП1В	0	—4	0	—	0	—4
DA5	К547УД2	—12,8	0,1	0,1	—14,2	0,2	0,1
DA6	К547КП1В	0,2	13,5	0	—	0	13,5
DA7	К547КП1В	14,2	14,2 / —12,8	—3,8 / 14,2	—	0	13,5 / —8,2

Таблица 3.10. **Блок индикации расхода ленты** (рис. 3.19)

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В			
		1	2	3	15
D1	КР1534ИЕ1	—14,2	—14,2	—13,7	14,2
D2	КР1534ИЕ1	—14,2	—14,2	—13,7	14,2
D3	КР1534ИЕ1	—14,2	—14,2	—13,7	14,2
D4	КР1534ИЕ1	—14,2	—14,2	—13,7	14,2

Таблица 3.11.

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э	Б	К
VT1	КТ361Д	2 / 0	5,34 / 4,8	—12,7
VT2	КТ315Д	0	0 / 0,6	12,84 / 0
VT3	КТ315Д	0	0 / 0,7	14,2 / 2,5
VT5	КТ315В	13,7 / 0	13,7 / 0	13,7 / 6,7
VT6	КТ315В	13,7 / 0	13,7 / 0	13,7 / 6,7

Напряжение на выводах, В							
7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	—12,5	0	14,2	0	—12,5	0
0	0	12,8 / —11,6	0	14,2	0	12,7 / —11,6	0
14,2	14,2	—12,8	14,2	14,2	14,2	—6,3 / —6,8	14,2
0	0	—12,8	0	—14,2	0	—12,8	0
—12,8	0,2	0	—	14,2	—	0	0,2
0,2	0	—12,8	0	14,2	0	—12,8 / 14,2	0
0	0	13,5 / —8,2	0 / 1,2	14,25	14,25	—13,5 / —8,2	—12,8 / 14,2

Таблица 3.12. **Блок управления режимами** (рис. 3.21).

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э(И)	Б(З)	К(С)
VT1	КТ315Г	0	—0,4 / 0,7	11,9 / 0,2
VT2	КТ815В	0	0,8	0,8
VT3	КТ315Г	0,8	1,5	0,8
VT4	КТ315Г	0 / 5,3	—0,8 / 5,9	13
VT5	КТ315Г	0	0,7 / —0,4	0,2 / 11,8
VT6	КТ315Г	0	—0,46	11,5
VT7	КТ315Г	0	—0,4	11,9
VT8	КТ315Г	0	—0,4	11,9
VT9	КТ315Г	5,8 / 4,8	6,4 / —1	13
VT10	КТ315Г	0	0	12,7
VT11	КТ815В	0	0	12,7
VT12	КТ815В	12,7	0	0
VT13	КТ315Г	0	0	12,7
VT14	КТ315Г	0,3	0,7	0
VT15	КТ316Г	33,3	32,8	33,4
VT16	КТ814В	33,3	33,3	12,7
VT17	КТ315Г	0	0	33,5
VT18	КТ603Б	13,1	13,8	14,2
VT19	КП304А	13,7	7,4	0
VT20	КТ315А	—13,3	—14	—14,2
VT21	КП304А	6,8	14,2	0

Таблица 3.13.

Обозначение по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D1	К547КП1А	−13	14	−6,6	—	−13	14	−6,6	−6,6	14	−13	14
D2	К547КП1А	−14	13	−4,4	—	6,4	0		13	13	14	14
D3	К145ИК1906	−13,3	—	—	13,2/12,9	0,9/0,7	2,6	—	13	—	2,6	13
D4	К547КП1А	13	0	13	—			−14			12	12

Продолжение табл. 3.13.

Напряжение на выводах, В												
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
−1,3	14	−6,6										
−6,6	14	−13										
13	—	−7,6	—	−7,6	−7,6	—	12,5/−6,4	−6,3/12,4	—	−8,3	−8,3	13
12	6,4											

Продолжение табл. 3.13.

Напряжение на выводах, В											
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
12,8	12,8/−7,8	12,8	0	0	0	6,2/8,3	6,2/8,3	11,2	11,2	0	13

Продолжение табл. 3.13.

Напряжение на выводах, В											
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
−4	13,7	−13	—	−13	—	—	−6,7	−6,6	−6,7	−6,7	−12,7

Таблица 3.14. **Блок питания** (рис. 3.22).

Обознач. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В		
		Э	Б	К
VT1	КТ816Б	24,2	23,6	14,2
VT2	КТ315В	13,6	14,2	23,6
VT3	КТ361В	—13,5	—14,1	—22,7
VT4	КТ817В	—23,3	—22,7	—14,1

Таблица 3.15.

Обознач. по схеме	Наименование	Напряжение на выводах, В													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
DA1	К157УД2	—12,8	10,1	10,1	—14,1	0	0	—17,2	—3,6	—4,5		14,2		8,1	7,7

3.3. МАГНИТОФОН «ЮПИТЕР МК-106-С»

Катушечный стационарный, двухскоростной, четырехдорожечный магнитофон предназначен для записи и воспроизведения стереофонических и монофонических музыкальных и речевых программ на магнитные ленты типов А4415-6Б и А4416-6Б.

Магнитофон позволяет: производить запись с микрофона, проигрывателя, радиоприемника, телевизора, тюнера, радиотрансляционной сети и с другого магнитофона; прослушивать записанные и записываемые программы с помощью встроенных контрольных громкоговорителей, выносных акустических систем или головных телефонов.

В магнитофоне предусмотрен режим «Усилитель», при котором обеспечивается качественное воспроизведение монофонических и стереофонических программ от тюнера, электропроигрывателя или другого магнитофона, а также предусмотрен режим «Автостоп», при котором автоматически отключается питание электродвигателя при окончании магнитной ленты на подающей катушке или при обрыве ленты.

Основные технические данные

Номинальная скорость движения ленты, см/с	19,05; 9,51
Рабочий диапазон частот, Гц, не уже	25...22 000
Неравномерность АЧХ в диапазоне 50...20 000 Гц, дБ, не более	12,0
Среднее отклонение от номинальной скорости, %, не более	±1,3
Коэффициент третьей гармоники на линейном выходе, %, не более	1,7
Суммарный коэффициент гармоник, %, не более	4
Разделение между соседними дорожками, дБ, не менее	
на частотах 250 и 6300 Гц	22
на частоте 1000 Гц	28
Полное невзвешенное отношение сигнал/шум, дБ, не менее	54
Номинальная выходная мощность на сопротивлении 4 Ом, Вт	8
Масса, кг, не более	14,2
Габариты, мм, не более	373×404×195

В магнитофоне предусмотрены:

1) раздельная регулировка уровней записи и воспроизведения;

2) индикация уровня воспроизведения;

3) световая индикация режима «Запись»;

4) раздельная индикация уровня записи по каналам с возможностью одновременного регулирования;

5) динамическая система шумопонижения в канале воспроизведения с возможностью ее отключения;

6) запись монофонических программ на 4 дорожки;

7) контроль как записываемого, так и записанного сигнала;

8) регулируемый выход для подключения выносных активных акустических систем;

9) регулировка тембров с помощью пятиполосного эквалайзера;

10) автоматическое отключение выносных акустических систем и контрольных громкоговорителей при включении головных телефонов;

11) временный останов ленты и автоматический останов при окончании ленты.

Описание электрической принципиальной схемы

Электрическая схема магнитофона выполнена на интегральных микросхемах и полупроводниковых приборах. Она состоит из функциональных узлов (рис. 3.23):

1) блок усилителей;

2) генератор стирания и подмагничивания;

3) блок шумопонижения;

4) блок питания;

5) блок индикации.

Каждый из функциональных узлов выполнен в виде отдельной платы.

Блок усилителей (рис. 3.24) содержит: усилители воспроизведения левого и правого каналов; усилители записи левого и правого каналов; электронную схему регулировки громкости и баланса; усилители мощности левого и правого каналов; предварительные усилители левого и правого каналов для работы магнитофона в режиме «Усилитель».

Усилитель воспроизведения выполнен на трех транзисторах типа КЗ107 и двух микросхемах типа К547КП1А и КР544УД1А. На транзисторах *VT1, VT5 (VT2, VT6)* собран предварительный, а на микросхеме *DA4 (DA6)* оконечный усилитель воспроизведения. Согласование предварительного усилителя с оконечным осуществляется эмиттерным повторителем на транзисторе *VT11 (VT12)*.

Коррекция частотной характеристики в области верхних частот осуществляется колебательным контуром. Для скорости *19* контур настроен на частоту 24 кГЦ и состоит из индуктивности *L3 (L4)* и конденсатора *C13 (C15)*. При скорости *9* контур настраивают на частоту 15...17 кГц, а в его состав входят индуктивность *L3 (L4)* и конденсатор *C14 (C16)*. Переключение цепей коррекции производится электронными ключами микросхемы *DA1 (DA2)*. Необходимый подъем частотной характеристики в области верхних частот устанавливается подстроечным резистором, включенным последовательно с колебательным контуром. Для скорости *19* этим резистором является *R23 (R25)*, а для скорости *9 — R24 (R27)*.

Резистором *R22 (R25)* осуществляют регулировку частотной характеристики в области средних частот при скорости *19*.

В области нижних частот регулировку частотной характеристики не

производят. Ход характеристики определяется емкостью конденсатора *C21 (C22)* для любой скорости движения ленты.

Усиленный сигнал с выхода усилителя воспроизведения через контакт *8 (14)* разъема *XS5*, к которому подключается плата генератора стирания и подмагничивания, переключатели *SB1...SB4* платы генератора, контакт *6 (13)* разъема *XS5* поступает через резистор *R147 (R148)* и конденсатор *C68 (C70)* на электронную схему регулятора громкости, баланса и тонкомпенсации, а через резистор *R19 (R28)* на линейный выход магнитофона.

Электронная схема регулятора громкости, баланса и тонкомпенсации выполнена на микросхеме *DA8* типа К174УН12. Резисторами *R147 (R148)* устанавливается необходимое напряжение на входе эквалайзера. Регулировку громкости осуществляют резистором *RP8* одновременно в обоих каналах: баланс устанавливается резистором *RP7*. Схема тонкомпенсации включена в цепь обратной связи и состоит из элементов *C72, R130, R131, R136, R138, R134, C71, C75, R143 (C73, R132, R133, R137, R139, C74, R135, C75, R144)*.

С выхода микросхемы *DA8* (выводы *3* и *5*) сигнал поступает на вход блока эквалайзера через контакт *1 (2)* разъема *XP5*. С выхода эквалайзера сигнал через контакт *4 (3)* этого же разъема поступает на вход усилителя мощности и на регулируемый выход (разъем *XS12*).

Усилитель низкой частоты магнитофона (рис. 3.24) собран по бестрансформаторной схеме. Транзисторы *VT17, VT19 (VT18, VT20)* включены по схеме с общим эмиттером и образуют предварительный усилитель напряжения. Для установки симметрии ограничения выходного сигнала на выходе усилителя мощности используется подстроечный резистор *R96 (R100)*.

Для термостабилизации рабочей точки выходных транзисторов в схеме применена цепочка, состоящая из элементов *VD2* (КЦ407А), *R152 (VD4, P153)*. На транзисторах *VT21, VT22 (VT23, VT24)* и диодах *VD5, VD6 (VD7, VD8)* собрана схема защиты выходных транзисторов по току и от короткого замыкания на выходе усилителя мощности.

Нагрузка к оконечному каскаду подключается через контакты *7, 6 (4, 5)* реле *K1* и конденсатор *C1 (C2)* емкостью 1000 мкФ. В выключенном состоянии магнитофона контакты реле *K1* разомкнуты и акустические системы отключены от усилителя мощности. При включении магнитофона происходит заряд конденсатора *C77*, включенного в базу транзистора *VT29* (КТ644А). Через 2...3 секунды после включения напряжение на базе транзистора *VT29* возрастает до величины, при которой открывается транзистор. Реле *K1* срабатывает и подключает нагрузку (акустические системы) к выходу усилителя мощности.

При выключении магнитофона база транзистора *VT29* через малое сопротивление резистора *R140* соединяется с корпусом, транзистор закрывается и контактами реле нагрузка отключается от усилителя. Эта часть схемы служит для исключения щелчков при включении и выключении магнитофона.

В режиме записи сигнал от источника информации поступает на базу транзистора *VT3 (VT4)* типа КТ3107Ж. С нагрузки транзистора резистора *R13 (R14)* сигнал поступает на базу транзистора *VT7 (VT8)*. Необходимая коррекция частотной характеристики осуществляется последовательным колебательным контуром, состоящим из элементов *L1, C17, C18 (L2, C19, C20)*.

При скорости *19* контур *L1, C18 (L2, C19)* настраивается на частоту 24 кГц. Необходимый подъем частотной характеристики в области верхних частот устанавливают подстроечным резистором *R31 (R32)*.

МЕХАНИЗМ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЙ

XS1 Цепь	≻	→	XP3 Цепь
Мг стир. прав.	1	1	Мг стир прав.
	2	2	
Мг. стир. общ.	3	3	Мг. стир. общ
Мг стир. лев.	4	4	Мг стир. лев.

XS2 Цепь	≻	→	XP2 Цепь
Мг зап прав.	1	1	Мг. зап. прав.
Общий	2	2	Общий
	3	3	
Мг. зап. лев.	4	4	Мг. зап. лев.
Общий	5	5	Общий

XS3 Цепь	≻	→	XP1 Цепь
Мг. воспр. лев.	1	1	Мг. воспр. лев.
Общий	2	2	Общий
	3	3	
Общий	4	4	Общий
Мг воспр. прав.	5	5	Мг воспр. прав.

XS5 Цепь	≻	→	XP3 Цепь
Команда. зап.	1	1	Команда зап.
-22В	2	2	-22В
+15В	3	3	+15В
-15В	4	4	-15В
Общий	5	5	Общий
-15В	6	6	-15В

XS4 Цепь	≻	→	XP2 Цепь
Команда раб. ход	1	1	Команда раб. ход
Команда ск.19	2	2	Команда ск.19
Команда ск.9	3	3	Команда ск 9

ГЕНЕРАТОР СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

XP1 Цепь	→	≻	XS5 Цепь
Вход зап. лев.	1	1	Вход зап. лев.
Команда ск 9	2	2	Команда ск 9
Вход зап. прав.	3	3	Вход зап. прав.
-15В	4	4	-15В
Общий	5	5	Общий
Выход лев.	6	6	Выход лев.
Вход инд. лев.	7	7	Вход инд. лев.
Вход воспр лев.	8	8	Вход воспр. лев.
-15В	9	9	-15В
Выход шум. лев.	10	10	Выход шум. лев.
Вход инд. прав.	11	11	Вход инд. прав.
Выход шум. пр.	12	12	Выход шум. пр.
Выход правый	13	13	Выход правый
Вход воспр. пр.	14	14	Вход воспр. пр.

БЛОК УСИЛИТЕЛЕЙ

XS7 Цепь	≻
Команда зап.	1
Прав. канал	2
Лев канал	3

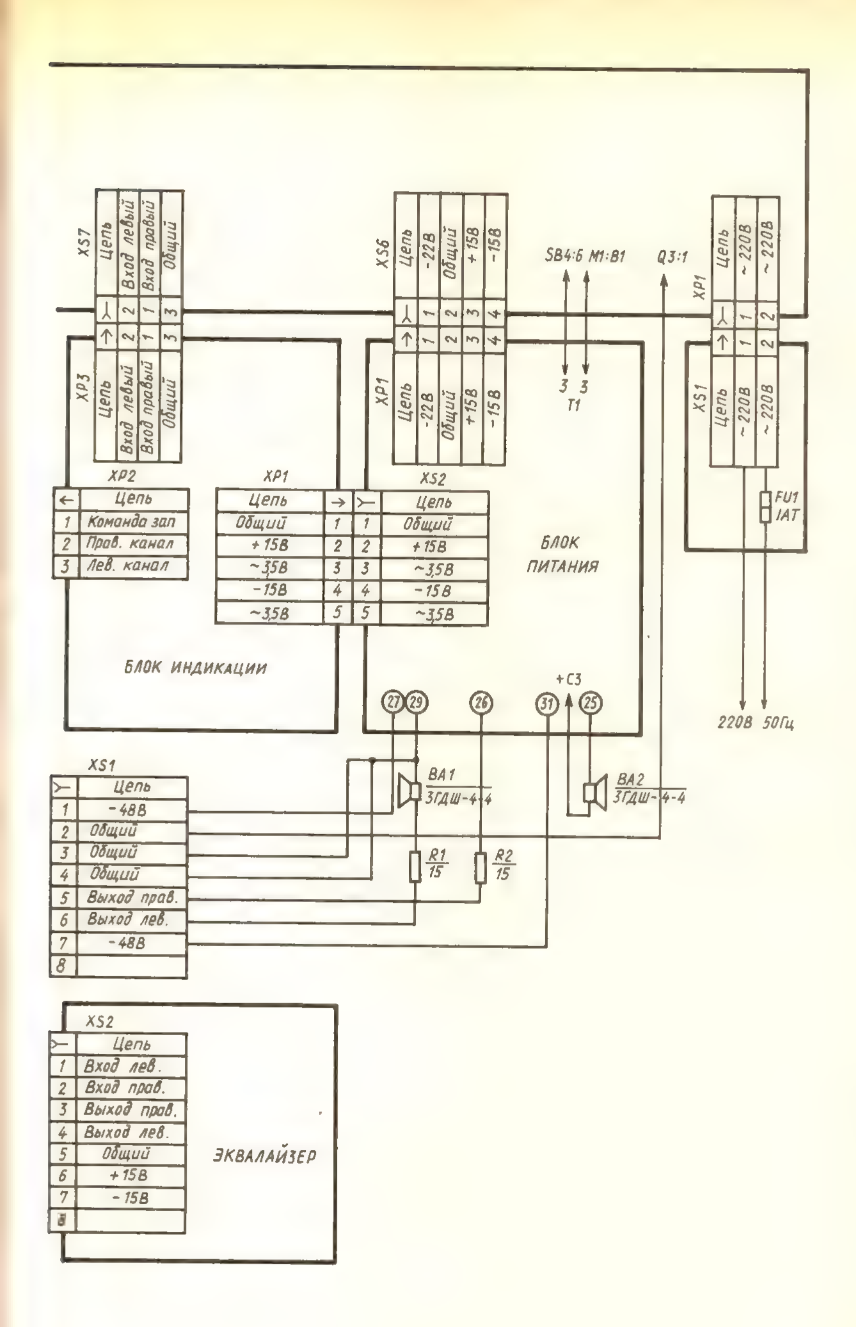
XP4 Цепь	→
-48В	1
Общий	2
Общий	3
Общий	4
Выход. прав.	5
Выход лев.	6
-48В	7
	8

БЛОК ШУМОПОНИЖЕНИЯ

XP1 Цепь	→	≻	XS6 Цепь
+15В	1	1	+15В
Общий	2	2	Общий
-15В	3	3	-15В
	4	4	
Общий	5	5	Общий
Вход левый	6	6	Вход левый
Общий	7	7	Общий
	8	8	
Вход правый	9	9	Вход правый
	10	10	
	11	11	
Выход прав.	12	12	Выход прав
Общий	13	13	Общий
Выход лев.	14	14	Выход лев

XP5 Цепь	→
Вход лев.	1
Вход прав.	2
Выход прав.	3
Выход лев.	4
Общий	5
+15В	6
-15В	7
	8

Рис. 3.23. Электрическая функциональная схема магнитофона «Юпитер МК-106-С»


XS7
Цепь
Вход левый
Вход правый
Общий
XP3
XS6
XP1
-22B
Общий
+15B
-15B
SB4:6 M1:B1
Q3:1
3 3
T1
~220B
XS1
FU1
IAT
XP2
Команда зап
Прав. канал
Лев. канал
XS2
~3,5B
БЛОК ПИТАНИЯ
БЛОК ИНДИКАЦИИ
+C3
220B 50Гц
BA1
3ГДШ-4-4
BA2
R1
15
R2
-48B
Выход прав.
Выход лев.
Вход лев.
Вход прав.
ЭКВАЛАЙЗЕР

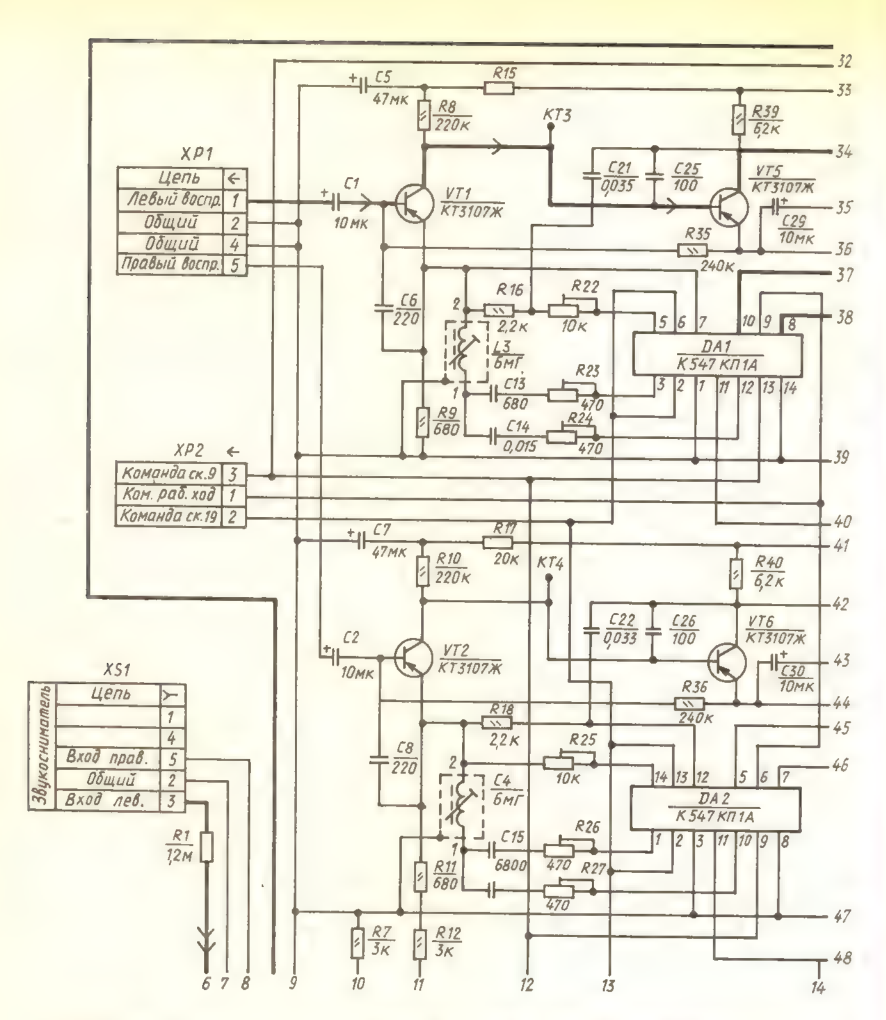
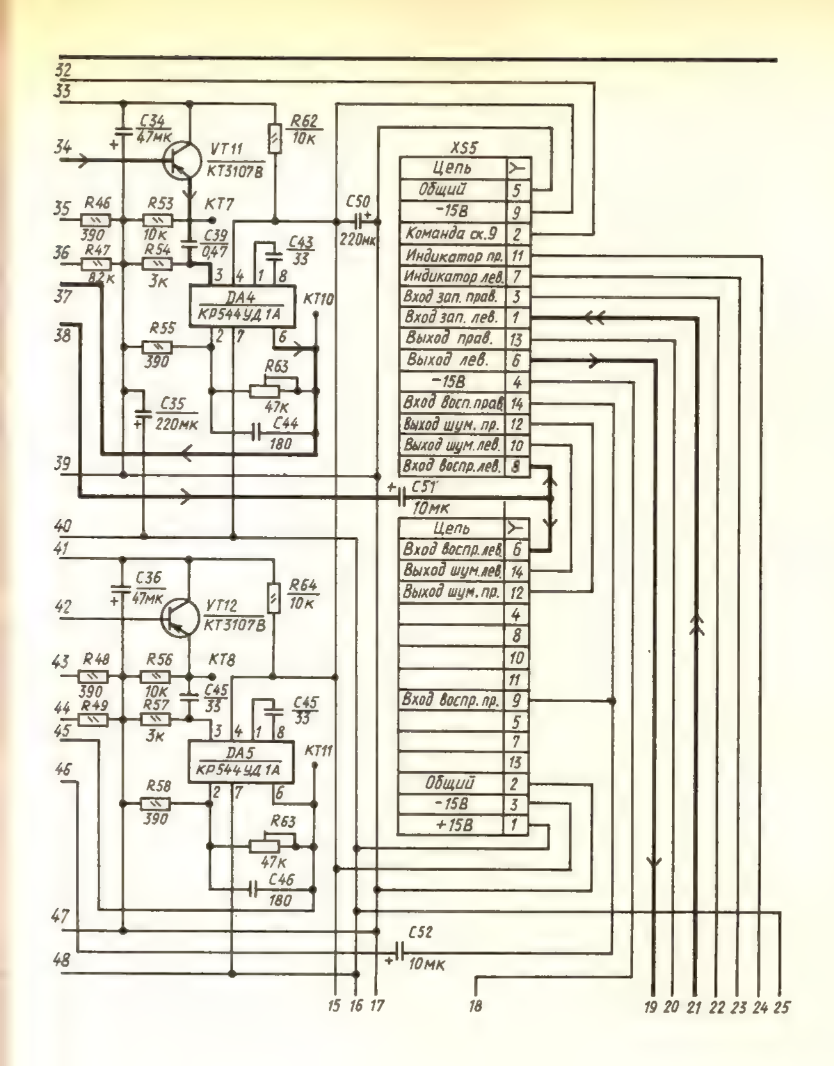


Рис. 3.24, а. Принципиальная схема блока усилителей (усилители воспроизведения)

При скорости *9* контур *L1, C17 (L2, C20)* настраивается на частоту 15...17 кГц. Общий подъем частотной характеристики в этой области частот производят резистором *R30 (R33)*. Переключение цепей коррекции осуществляют при помощи электронных ключей микросхемы *DA3*.

На транзисторах VT10 (VT9) собраны эмиттерные повторители, согласовывающие предварительные усилители записи с оконечными. С выходов эмиттерных повторителей сигнал поступает на регуляторы уровня записи *RP5 (RP6)* и далее на базы транзисторов *VT14 (VT16)*. Нагрузками этих транзисторов служат транзисторы *VT13 (VT15)*, с которых усиленный сигнал снимается и через соответствующие цепочки, расположенные на плате генератора стирания и подмагничивания, поступает на головки записи.



При работе магнитофона в режиме «Усилитель» на контакты *2, 3* и *5* разъема *XS8* подается сигнал напряжением 0,25...0,5 В. Сигнал усиливается микросхемами *DA6 (DA7)* типа КР544УД1А и через элементы *C60, R102 (C63, R106)* поступает на электронную схему регулятора громкости, баланса и тонкомпенсации. С выхода этой схемы сигнал подается на усилители мощности.

Генератор стирания и подмагничивания (рис. 3.25) собран по двухтактной схеме с трансформаторным выходом и резистивно-емкостными коллекторно-базовыми связями на транзисторах *VT1, VT2*. Частотно-задающими элементами генератора являются конденсатор *C9* и обмотка *1—4* трансформатора *T1*. Частота генерации 100 ± 20 кГц. Величина тока подмагничивания регулируется резисторами *R17 (R19)* для скорости *19*

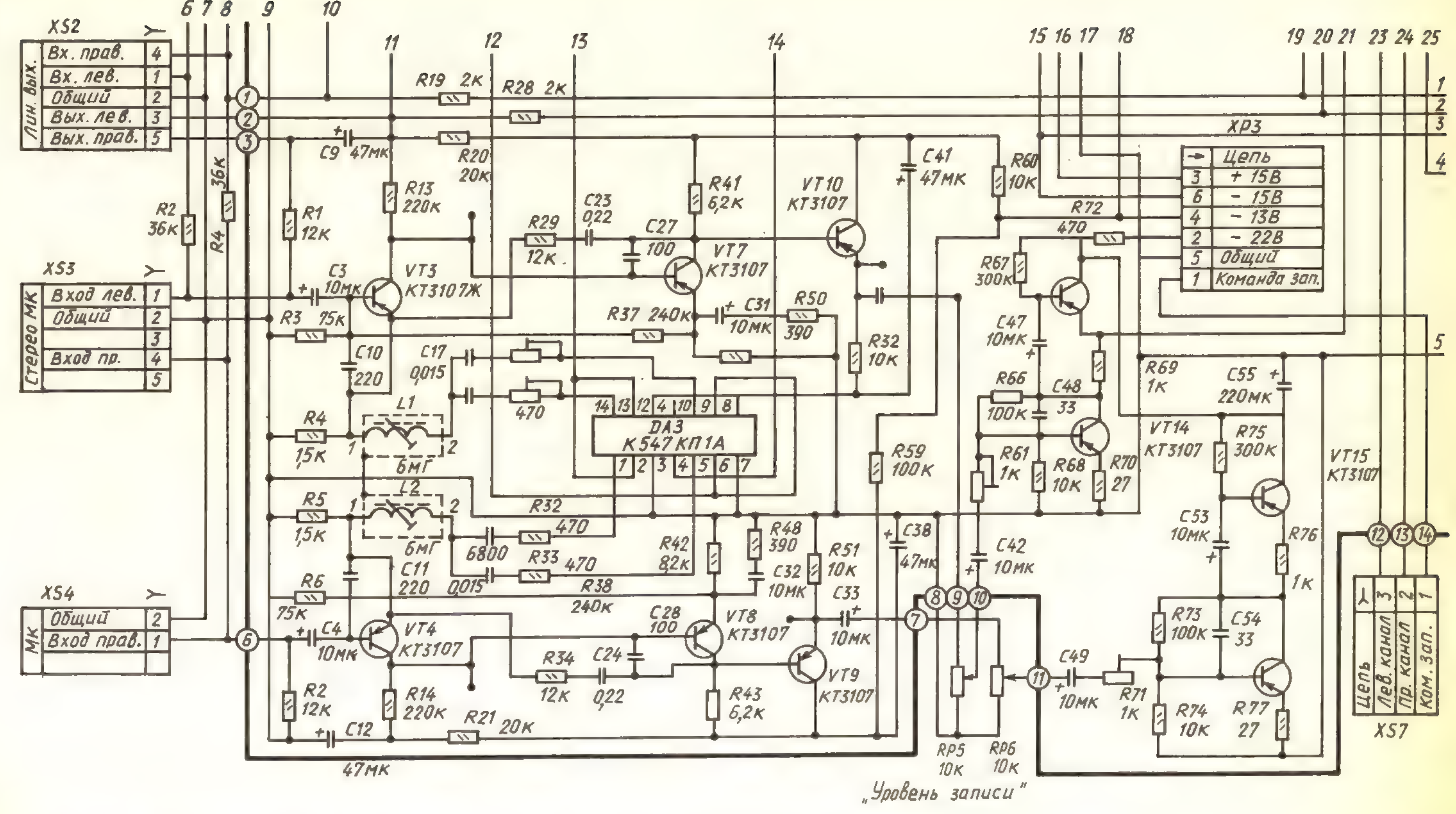


Рис. 3.24, б. Принципиальная схема блока усилителей (продолжение; усилители записи)

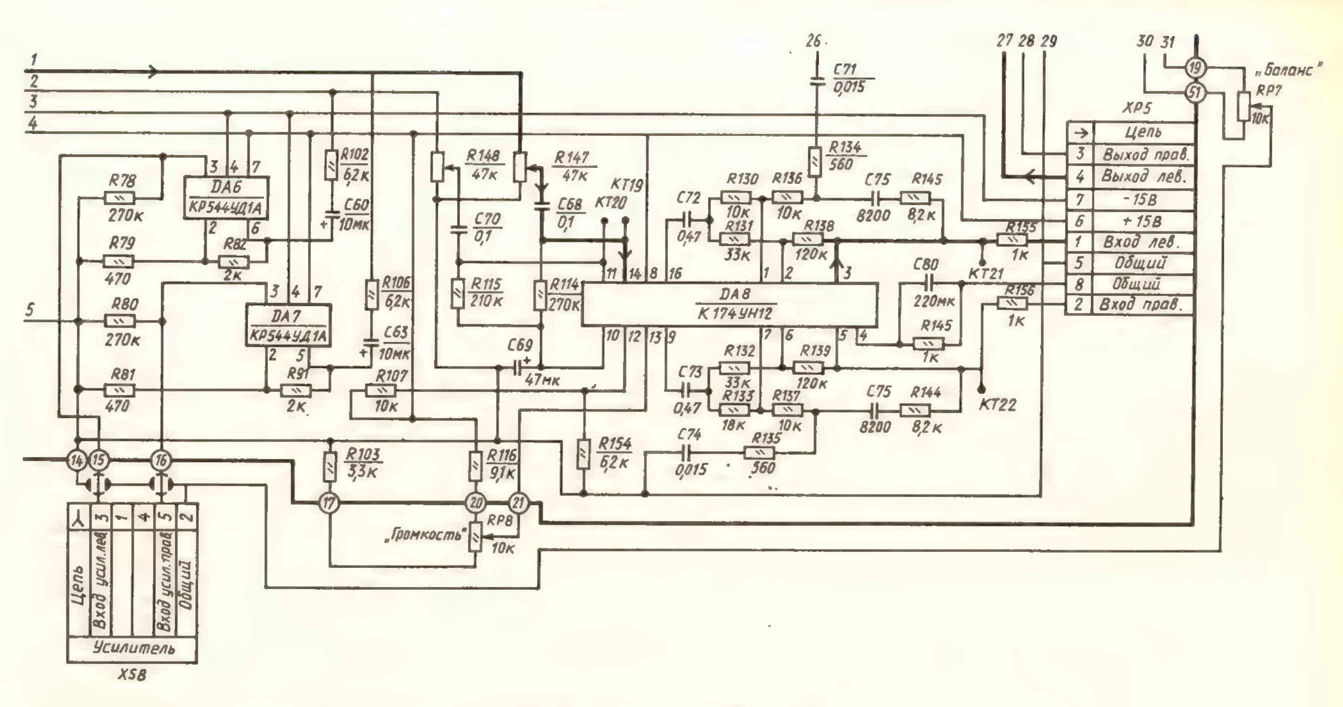


Рис. 3.24, в. Принципиальная схема блока усилителей (продолжение; электронная регулировка громкости, баланса и тонкомпенсации)

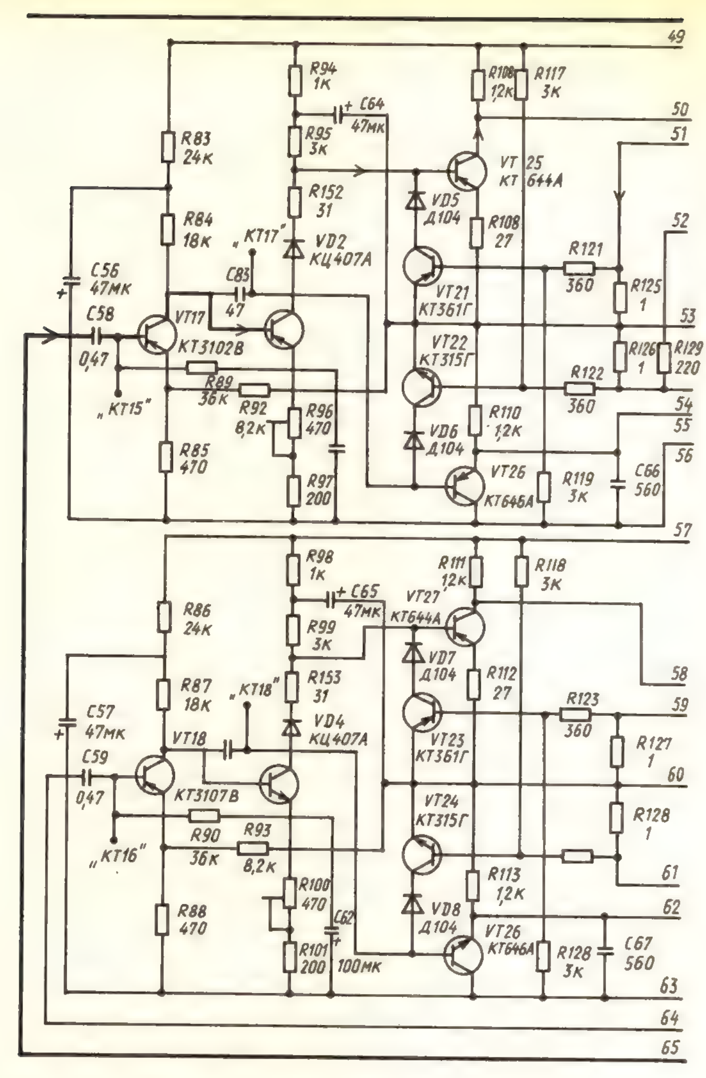
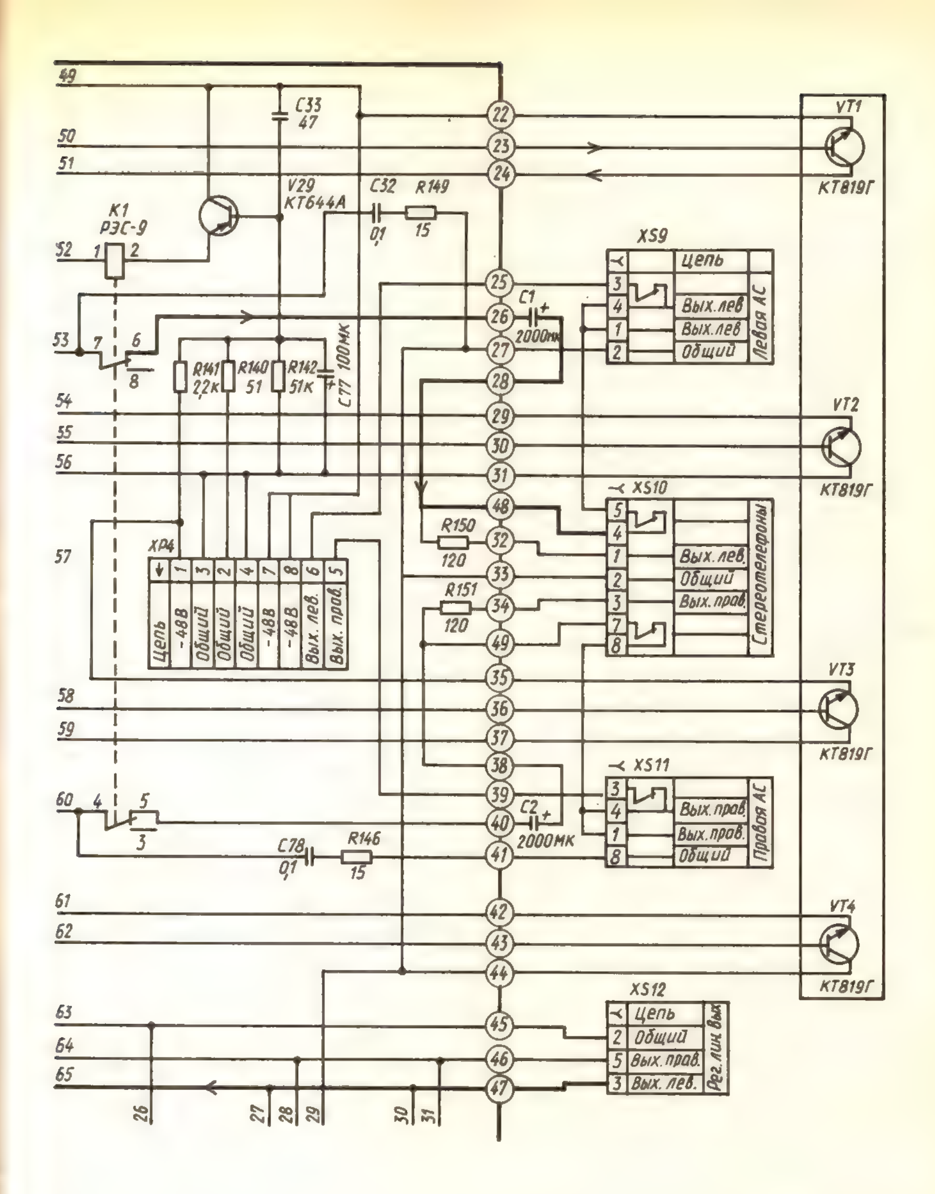


Рис. 3.24, г. Принципиальная схема блока усилителей (продолжение; усилители мощности)

и резисторами *R18 (R20)* для скорости *9*. Переключение осуществляется при помощи контактов реле *К1*.

Переключатели *SB3* и *SB4* используются при монофонической записи на четыре дорожки, при этом последовательно с работающей стирающей головкой одного из каналов включается эквивалент в виде индуктивности *L3* или *L4*.

Переключатель *SB1* относится к блоку индикации и подключает его к усилителю воспроизведения или усилителю записи. Уровень входного



сигнала на входе индикатора устанавливается резисторами *R8, R9, R12* и *R13*.

Блок индикации (рис. 3.26) выполнен на двух микросхемах и индикаторе типа ИЛТ1-15М. Микросхема *DA1* предназначена для усиления сигнала, поступающего с платы генератора стирания и подмагничивания. Обрабатывается сигнал микроконтроллером и подается на собственно индикатор. Схема индикатора откалибрована таким образом, чтобы при номинальном показании для соответствующей скорости и рекомендуемой ленты обеспечивался номинальный уровень записи.

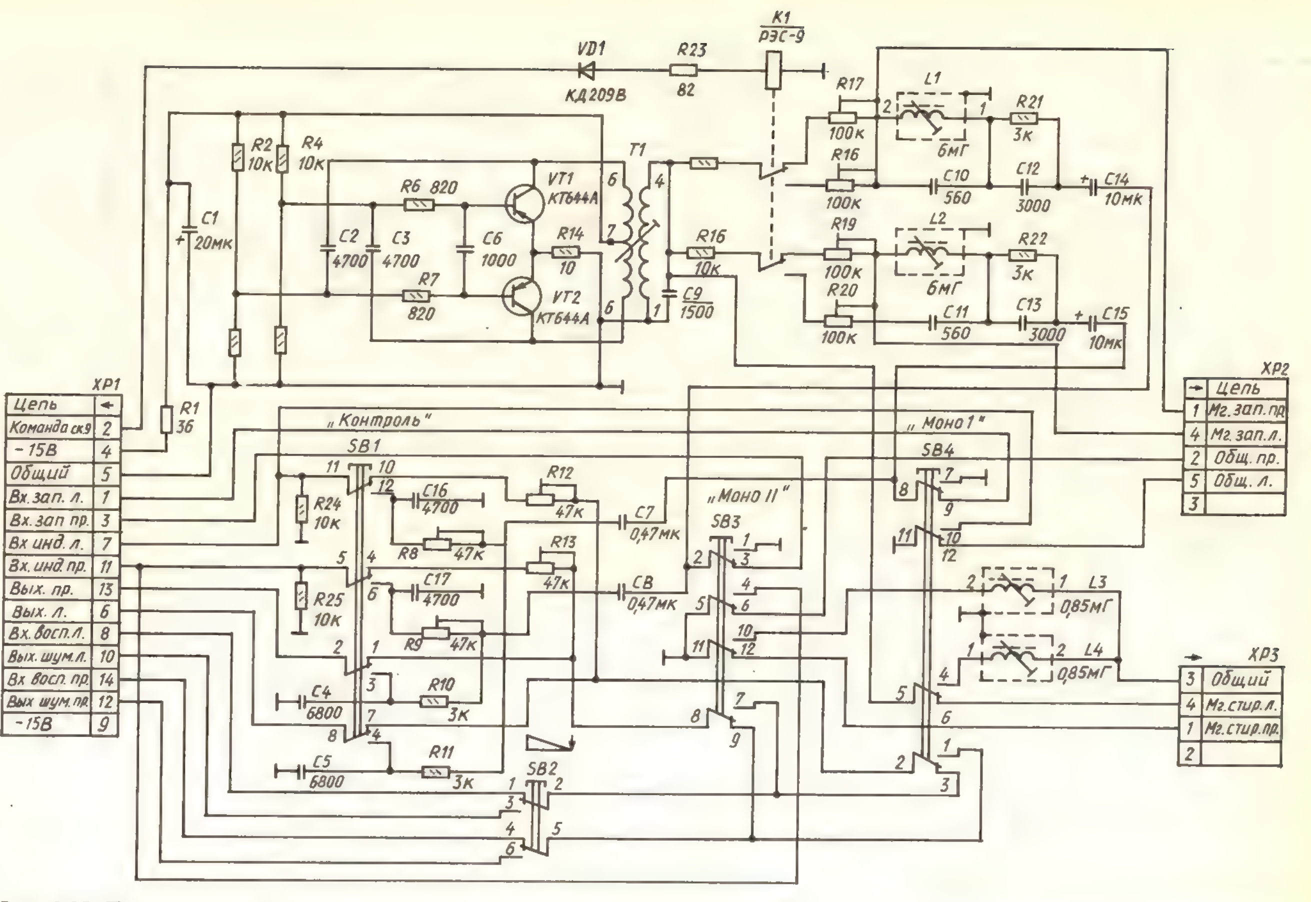


Рис. 3.25. Принципиальная схема генератора стирания и подмагничивания

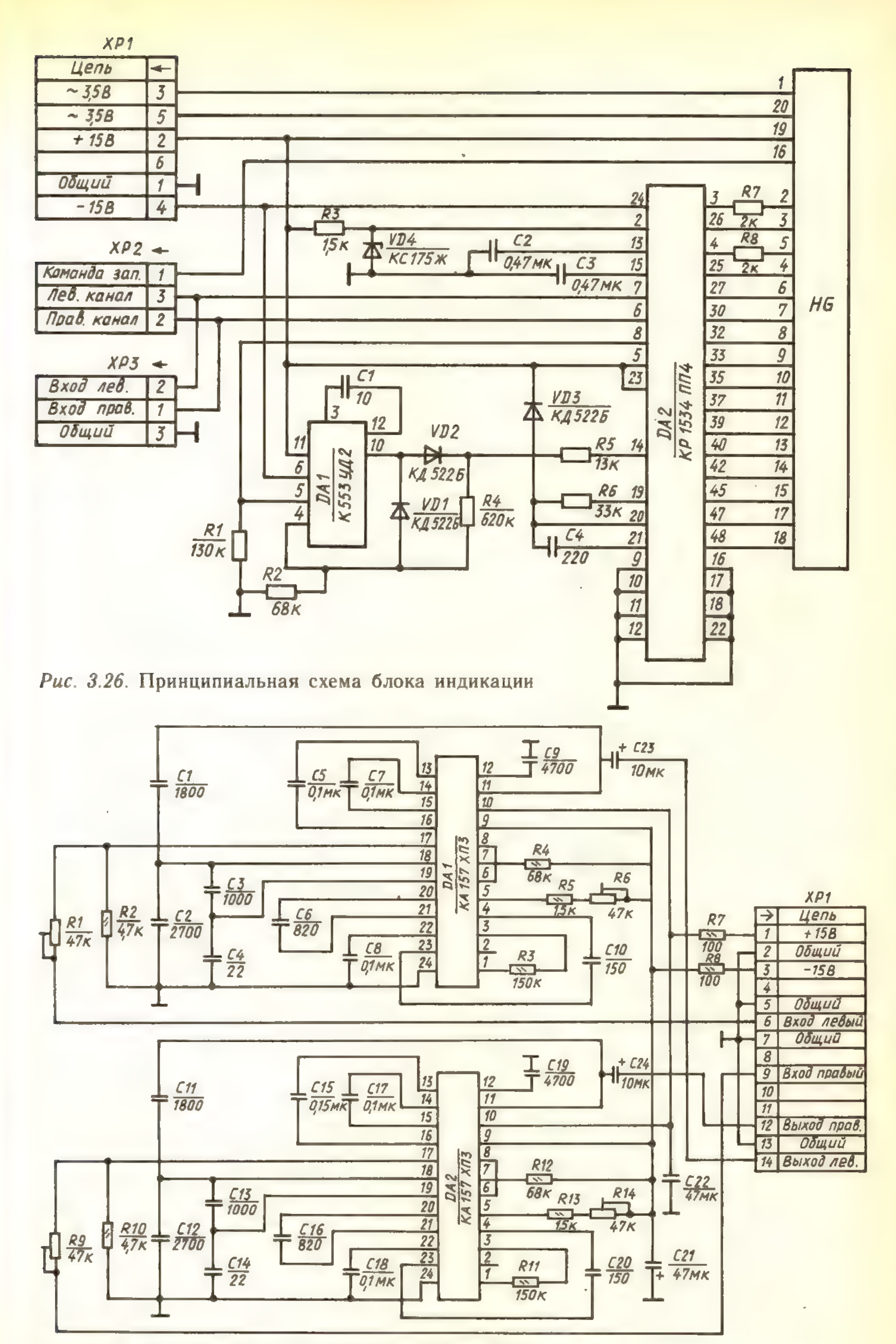


Рис. 3.26. Принципиальная схема блока индикации

Рис. 3.27. Принципиальная схема шумоподавителя

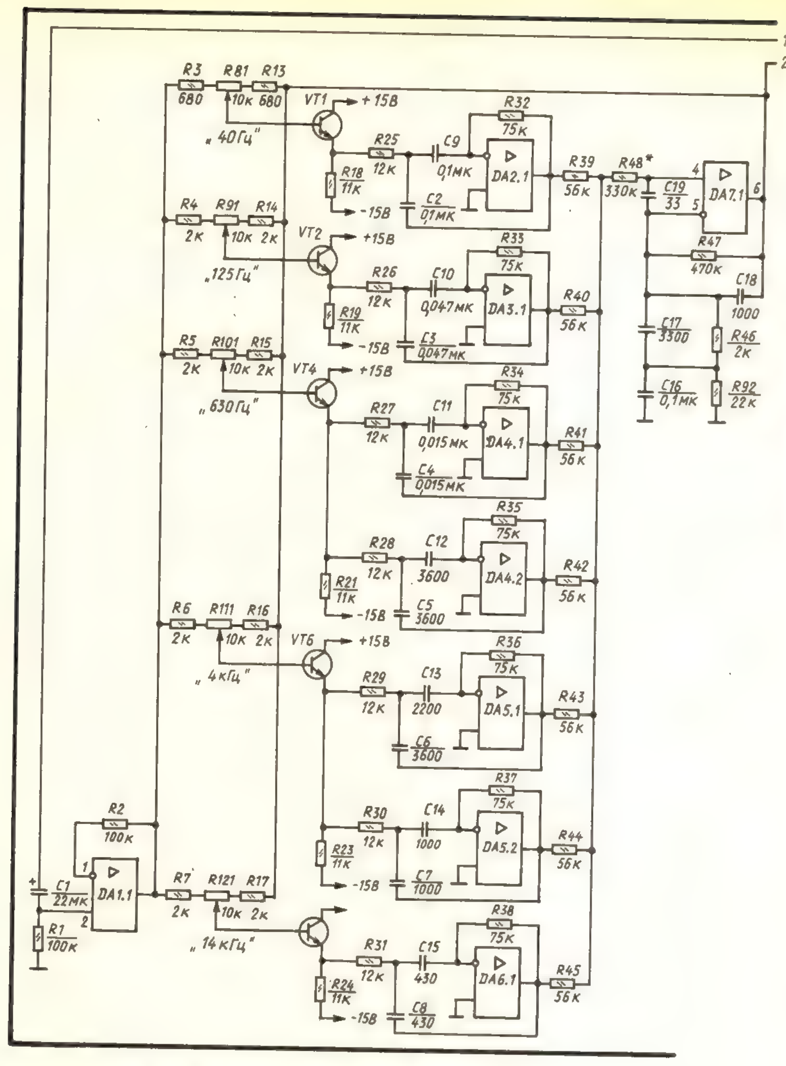
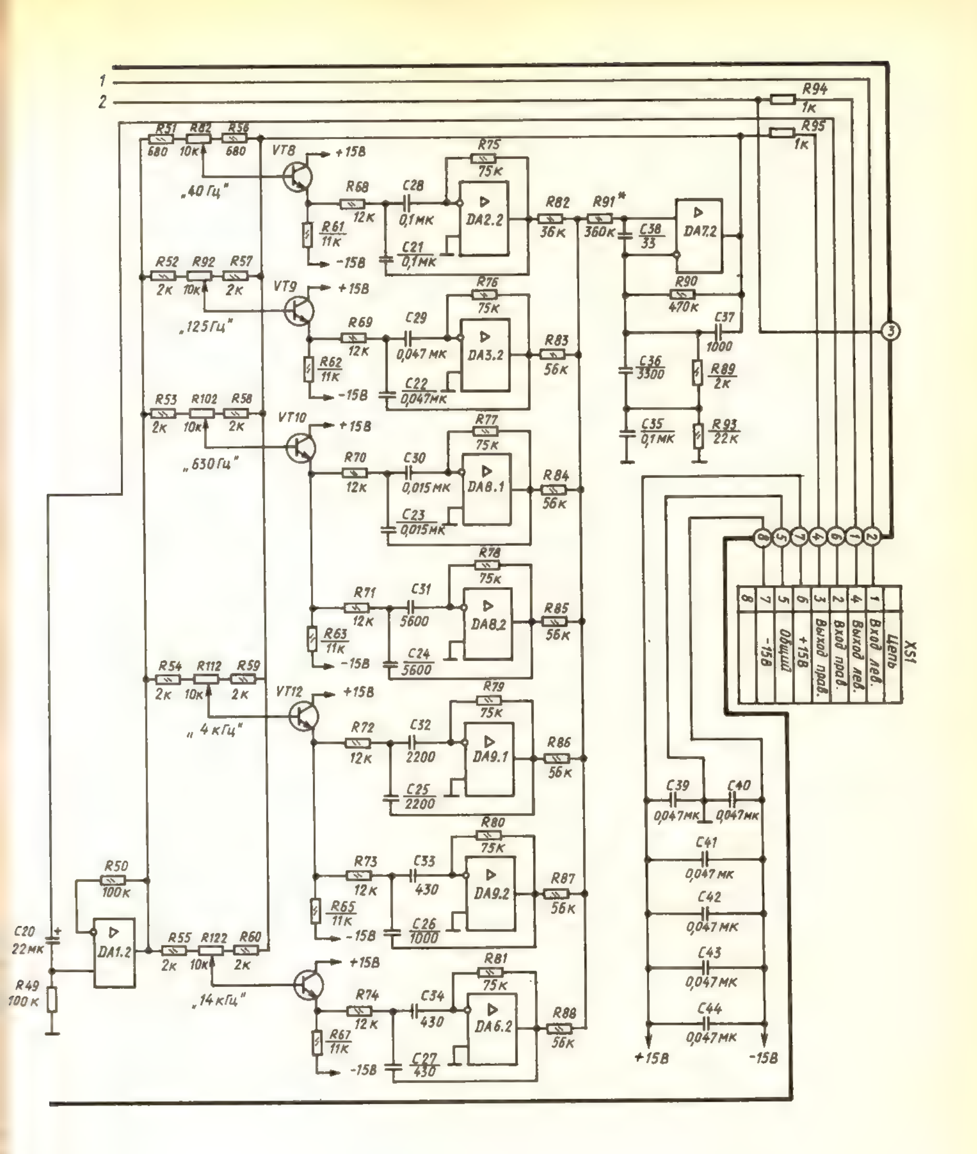


Рис. 3.28. Принципиальная схема эквалайзера

Блок шумопонижения (рис. 3.27) выполнен на двух специализированных микросхемах К157ХП3 (*DA1, DA2*) по типовой схеме включения. Принцип работы динамической системы шумопонижения на микросхеме К157ХП3 рассмотрен в разделе «Интегральные микросхемы для аппаратуры магнитной записи звука» главы 2.

Эквалайзер (рис. 3.28) собран на десяти транзисторах и девяти микросхемах. Оба канала эквалайзера идентичны и содержат входные усилители на микросхемах *DA1.1 (DA1.2)* и выходные — *DA7.1 (DA7.2)*. Между входным и выходным усилителями включены активные полосовые фильтры второго порядка, собранные на микросхемах. Коэффициент пере-



дачи фильтра определяется отношением *R32/2R25* для фильтра 40 Гц. Для всех остальных фильтров коэффициент передачи определяется аналогично.

Для согласования выходного сопротивления входного усилителя со входом фильтра используются эмиттерные повторители на транзисторах.

Блок питания (рис. 3.29) особенностей не имеет и построен по схеме компенсационного стабилизатора напряжения на дискретных элементах. В его состав входят два стабилизатора на 15В, предназначенные для питания транзисторов и микросхем. Нестабилизированные напряжения, получаемые на выходе блока питания, применяются для питания усилите-

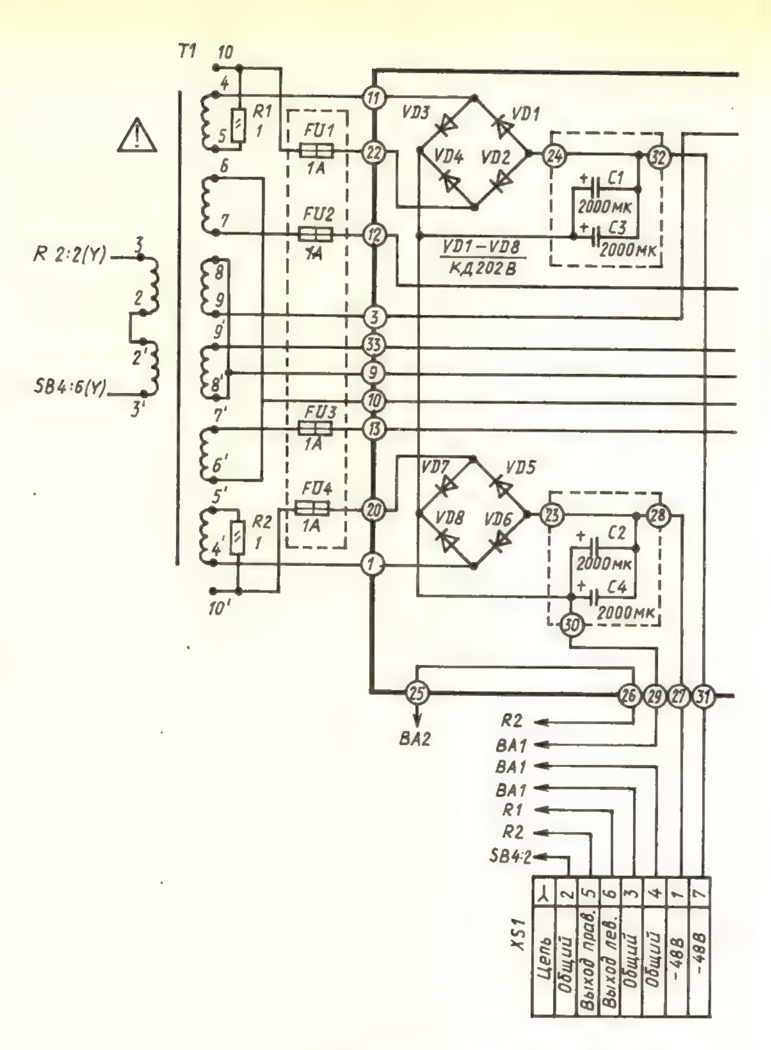


Рис. 3.29. Принципиальная схема блока питания

лей мощности (—48 В) и для питания блока индикации — (переменное 3,5 В).

На рис. 3.30 приведены электрические схемы, относящиеся к лентопротяжному механизму.

Ниже приводятся данные (табл. 3.16...3.24) с напряжениями на выводах транзисторов и микросхем по платам магнитофона.

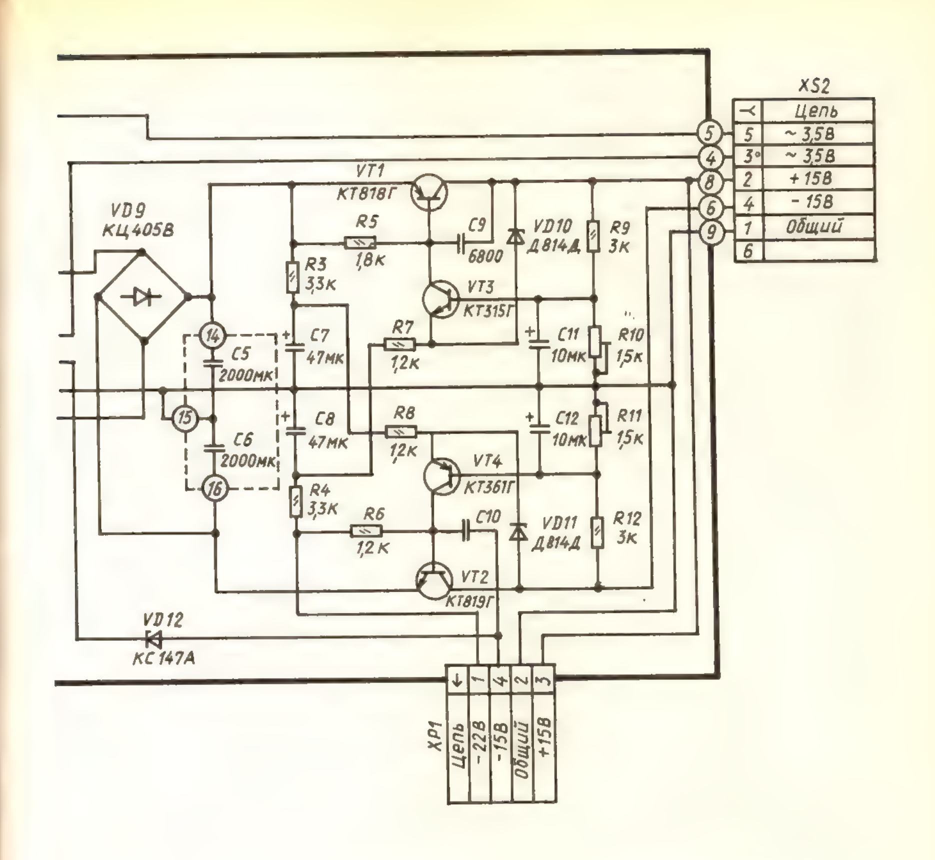
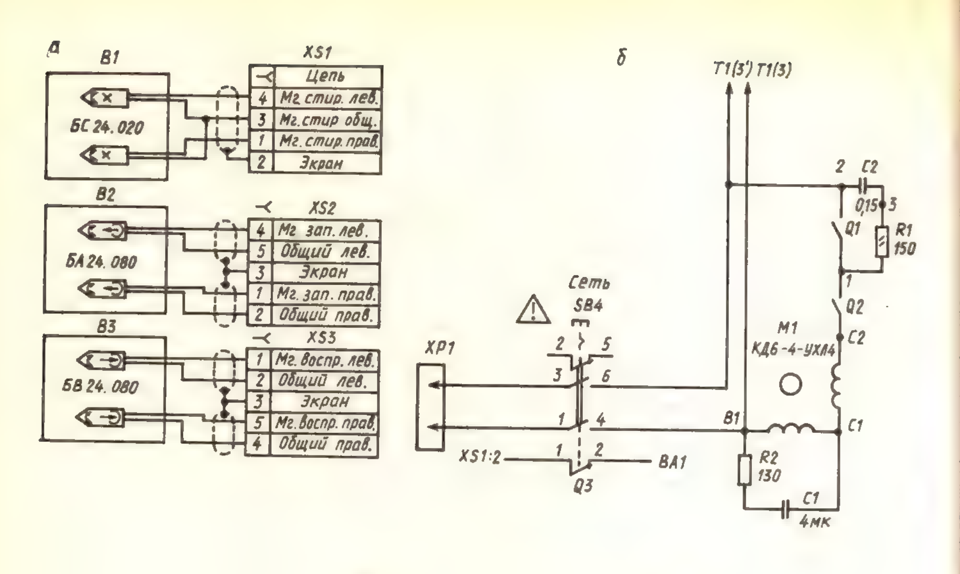


Таблица 3.16. **Значение напряжения на выводах выходных транзисторов**

Обозначение на схеме	Постоянное напряжение, В			Переменное напряжение, В		
	Э	Б	К	Э	Б	К
VT1	44	44	25	0,24	0,38	2,8
VT2	25	24	0	2,75	2,85	0
VT3	44	44	26	0,26	0,34	2,8
VT4	26	25	0	2,8	3	0

Таблица 3.17. **Генератор стирания и подмагничивания** (см. рис. 3.25)

Обозначение на схеме	Постоянное напряжение, В			Переменное напряжение, В		
	Э	Б	К	Э	Б	К
VT1	−0,92	+1,65	−1,19	0,5	3,8	8,4
VT2	−0,92	+1,65	−1,19	0,5	3,8	8,4



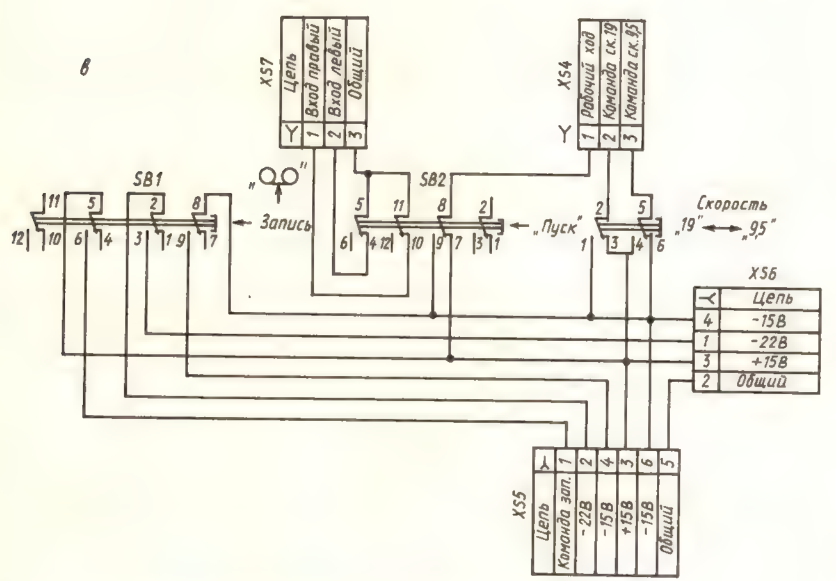


Рис. 3.30. Электрическая схема лентопротяжного механизма:
а — схема подключения магнитных головок; *б* — схема подключения электродвигателя; *в* — схема переключения режимов магнитофона

Таблица 3.18. **Блок усилителей** (см. рис. 3.24).

Режим	Воспроизведение						Запись-воспроизведение			
обозначение на схеме	ДА1	ДА2	ДА4	ДА5	ДА6	ДА7	ДА8	ДА8	ДА3	ДА3
№ вывода	= / ~	= / ~	= / ~	= / ~	= / ~	= / ~	= запись воспр.	запись ~ / ~ воспр.	запись =	запись ~
1			+15,0 В	+15,0 В	+15,0 В	+15,0 В	+4,58 В	46 мВ / 50 мВ		
2	−15,0 В	−15,0 В	/ 14 мВ	/ 14 мВ			+4,61 В	7 мВ / 8 мВ	−15,0 В	
3			/ 14 мВ	/ 14 мВ			+4,72 В	0,49 В / 0,68 В		
4			−15,0 В / 0,8 В	−15,0 В	−15,0 В	−15,0 В	+0,63 В			
5	−18 мВ ! / 2 мВ	/ 0,98 В					+4,72 В	0,49 В / 0,68 В		20 мВ
6	−15,0 В	−15,0 В	−0,03 В / 0,98 В	−0,8 В / 0,98 В			+4,61 В	7 мВ / 8 мВ	+15,0 В	
7	−18 мВ / 2 мВ	0,8 В / 0,98 В	/ +15,0 В	+15,0 В	+15,0 В	+15,0 В	+4,58 В	46 мВ / 50 мВ		
8	−30 мВ / 0,98 В		+15,0 В	+15,0 В	+15,0 В	+15,0	+15,0 В			
9	−15,0 В	−0,12 В					+4,5 В	0,14 В / 0,26 В	+15,0 В	
10	−30 мВ / 0,98 В	+2 мВ					+5,9 В			20 мВ
11	+15,0 В	+15,0 В					+5,65 В	0,34 В / 0,65 В	+15,0 В	
12		−18 мВ / 4,4 мВ					+6 В			
13	+7 мВ	−15,0 В					+6,0 В		−15,0 В	
14		−18 мВ / 4,4 мВ					+5,65 В	0,34 В / 0,65 В		
15							$+10^{-3}$ В			
16							+4,5 В	0,14 В / 0,26 В		

Таблица 3.19

Обознач. на схеме	Э =	Б =	К =	Э ~ запись	Э ~ воспроиз.	Б ~ запись	Б ~ воспроиз.	К ~ запись	К ~ воспроиз.
VT1	−18 мВ	−0,54 В	−1,12 В		1,6 мВ		1,7 мВ		2,6 мВ
VT2	−18 мВ	−0,54 В	−1,12 В		1,6 мВ		1,7 мВ		2,6 мВ
VT3	−25 мВ	−0,54 В	−2,82 В	3,5 мВ		4,1 мВ		3,7 мВ	
VT4	−25 мВ	−0,54 В	−2,82 В	3,5 мВ		4,1 мВ		3,7 мВ	
VT5	−0,58 В	−1,12 В	−7,50 В		1,5 мВ		2,6 мВ		14 мВ
VT6	−0,58 В	−1,12 В	−7,50 В		1,5 мВ		2,6 мВ		14 мВ
VT7	−2,25 В	−2,82 В	−5,4 В	2,7 мВ		3,7 мВ		34 мВ	
VT8	−2,25 В	−2,82 В	−5,4 В	2,7 мВ		3,7 мВ		34 мВ	
VT9	−4,8 В	−5,4 В	−7,3 В	34 мВ		34 мВ			
VT10	−4,8 В	−5,4 В	−7,3 В	34 мВ		34 мВ			
VT11	−6,85 В	−7,5 В	−8 В		14 мВ		14 мВ		
VT12	−6,85 В	−7,5 В	−8 В		14 мВ		14 мВ		
VT13	−13 В	−13,2 В	−20 В	1,5 В		1,5 В			
VT14	−90 мВ	−0,73 В	−9,5 В						
VT15	−13 В	−13,2 В	−20 В	1,5 В		1,5 В			
VT16	−90 мВ	−0,73 В	−9,5 В			5 мВ		1,5 В	
VT17	−1,8 В	−2,4 В	3,5 В	0,3 В	0,64 В	0,3 В	0,64 В	1 мВ	2,7 мВ
VT18	−1,8 В	−2,4 В	−3,5 В	0,3 В	0,64 В	0,3 В	0,64 В	1 мВ	2,7 мВ
VT19	−2,7 В	−3,5 В	−24 В			1 мВ	2,7 мВ	5,5 В	12 В
VT20	−2,7 В	−3,5 В	−24 В			1 мВ	2,7 мВ	5,5 В	12 В
VT21 (VT23)	−26,5 В	−23,0 В	−26,7 В	5,5 В	12 В	5 В	11 В	0,1 В	5 В
VT22 (VT24)	−26,5 В	−28 В	−10 мВ	−5,5 В	12 В	−5 В	11 В	0,1 В	0,36 В
VT25 (VT27)	−26,8 В	−27,3 В	−44 В	−5,5 В	12 В	5 В	12 В	0,1 В	0,3 В
VT26 (VT28)	−26 В	−25,3 В	−25 В	5,5 В	12 В	5,5 В	12 В		
VT29	−29 В	−29,3 В	−44 В						

Блок индикации (см. рис. 3.26).

Таблица 3.20. **Значение напряжений на выводах микросхем ($U_{сигн}$ = max)**

№ вывода	ДА1		ДА2		№ вывода	ДА2	
	постоян., В	перемен., В	постоян., В	перемен., В		постоян., В	перемен., В
1					25	+14,8	0
2			+7,4	0	26	+14,8	0
3	3,0	0	−0,4	16	27	+14,8	0
4	−14,0	0,4	−0,4	16	28		
5	4,0	0,4	+15,0	0	29		
6	−15,0	0	0	0,3	30	+14,8	0
7			0	0,3	31		

№ вывода	ДА1		ДА2		№ вывода	ДА2	
	постоян., В	перемен., В	постоян., В	перемен., В		постоян., В	перемен., В
8			0	0,3	32	+14,8	0
9			0	0	33	+14,8	0
10	0,6	1,8	0	0	34		
11	+15,0	0	0	0	35	+14,8	0
12	0	1,8	0	0	36		
13			+4	0	37	+14,8	0
14			+4	0	38		
15			+3,8	0	39	+14,8	0
16			0	0	40	+14,8	0
17			0	0	41		
18			0	0	42	−14,8	0
19			+11,2	6	43		
20			+8,8	3,2	44		
21			−0,4	7	45	−14,8	0
22			0	0	46		
23			+15,0	0	47	−14,8	0
24			−15,0	0	48	−14,8	0

Таблица 3.21. **Блок шумопонижения** (см. рис. 3.27).

$U_{вх}=0{,}5$ В $f=1$ кГц

№ вывода	ДА1,	ДА2	№ вывода	ДА1	ДА2
	постоян.	перемен.		постоян.	перемен.
1	−44 мВ		13	−2,8 В	0,11 В
2	+4 В		14	−2,8 В	0,11 В
3	−0,11 В	0,1 В	15	−0,11 В	0,11 В
4	−50 мВ	24 мВ	16	−90 мВ	0,11 В
5	−13,5 В		17		0,1 В
6	−13,45 В		18	−5 мВ	0,11 В
7	−13,45 В		19	−5 мВ	0,1 В
8	−13,45 В		20	−1,1 В	0,18 В
9	−14,35 В		21		0,07 В
10	+14,5 В		22	+6 мВ	4 мВ
11		0,58 В	23		1,2 В
12	−5 мВ	0,1 В	24		

Таблица 3.22. **Эквалайзер** (см. рис. 3.28).

Обознач. на схеме	Режим	Напряжение на выводах							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДА1	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,7 В	0,7 В		0,7 В	0,7 В	0,7 В		0,7 В
ДА2	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	2,5 мВ		2,5 мВ
ДА3	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	6 мВ		6 мВ
ДА4	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	78 мВ		24 мВ

Обознач. на схеме	Режим	Напряжение на выводах							
		1	2	3	4	5	6	7	8
ДА5	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	8 мВ		22 мВ
ДА6	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	4 мВ		4 мВ
ДА7	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	13 мВ	13 мВ		13 мВ	13 мВ	0,7 В		0,7 В
ДА8	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ					82 мВ		25 мВ
ДА9	пост.			+15,2 В				−15,2 В	
	перем.	0,2 мВ				0,2 мВ	9 мВ		23 мВ

Таблица 3.23.

Обознач. на схеме	Режим	Напряжение		
		Э	Б	К
VT1	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20÷30 мВ	20÷30 мВ	
VT2	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20÷30 мВ	20÷30 мВ	
VT4	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20÷30 мВ	20÷30 мВ	
VT6	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20÷30 мВ	20÷30 мВ	
VT7	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20÷30 мВ	20÷30 мВ	
VT8	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	60 мВ	60 мВ	
VT9	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	34 мВ	34 мВ	
VT10	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	24 мВ	24 мВ	
VT12	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	20 мВ	20 мВ	
VT14	пост.	−0,78 В	±0,18 В	+15,2 В
	перем.	19 мВ	19 мВ	

Блок питания (см. рис. 3.29).

Таблица 3.24. **Значение напряжений на выводах транзисторов**

Обозначение на схеме	Постоянное напряжение, В		
	Э	Б	К
VT1	+22,0	+21,5	+15,0
VT2	−22,0	−21,5	−15,0
VT3	+3,3	+3,9	+21,5
VT4	−3,3	−3,9	−21,5

Глава 4

РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВКА МАГНИТОФОНОВ

4.1. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КАЧЕСТВО МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Воспроизведение с высокой верностью — это такое музыкальное воспроизведение, при котором исчезает улавливание на слух отклонений от оригинала.

Все несовершенства техники звукозаписи, носителей звуковой информации (грампластинок и магнитных лент), звукоснимающих элементов (звукоснимателей и магнитных головок), электроакустических преобразователей (микрофонов, головных телефонов), электронных преобразователей (усилителей, эквалайзеров и т. п.) многократно увеличивают искажения и шумы и уменьшают высокую верность воспроизведения.

Дефекты звукозаписывающего и звуковоспроизводящего трактов можно разделить на:

линейные искажения (искажения АЧХ), которые приводят к увеличению неравномерности частотной характеристики выше допустимой нормы;

нелинейные искажения, которые могут быть гармоническими (изменяющими тембр звука) или интермодуляционными (создающими новые комбинационные частоты), т. е. появляются новые звуки, которых не было в исходном сигнале;

динамические искажения, выражающиеся в сужении динамического диапазона (отношение уровней сигнала максимального и минимального);

переходные искажения, которые проявляются при быстрых изменениях сигнала на входе устройства, когда сигнал близок к прямоугольному импульсу с большой амплитудой;

механические искажения, которые возникают под влиянием различных вибраций и биений подвижных механических элементов.

Факторы, отрицательно влияющие на качество аппаратуры:

ограничение частотного диапазона, явления резонанса, искажения, шумы, паразитные модуляции;

слышимый диапазон звуков примерно в пределах 20...15 000 Гц.

Исследования показали, чтобы получить достаточное слуховое ощущение на частоте 30 Гц, необходим зал длиной 12 метров. Звуки с частотой ниже 40 Гц сравнительно редко встречаются в музыке и не существуют в человеческой речи.

Количество звуковой информации на частотах выше 15 кГц ничтожно мало, и она состоит преимущественно из гармоник с незначительной амплитудой, составляющих тембровый спектр некоторых инструментов.

Подъем или спад частотной характеристики за пределами допустимой неравномерности известны как линейные или частотные искажения.

Резонансные явления

Паразитные резонансы являются причиной ярко выраженных неравномерностей АЧХ НЧ устройств. Это механические резонансы, которые в какой-то мере присущи микрофонам, звукоснимателям электропроигрывателей, громкоговорителям и акустическим системам.

В динамическом режиме при переходных процессах резонансные явления проявляются и создают звуковые эффекты, которых нет в исходном сигнале. Демпфирование (уменьшение) механических и акустических паразитных резонансов решается при конструировании систем, деталей.

Нелинейные искажения (гармонические и интермодуляционные) вызываются нелинейностью амплитудной характеристики усилителей, шумоподавителей и других устройств.

Появление гармонических частот изменяет тембр звучания. Причем крайне неприятное воздействие на человеческое ухо оказывают гармоники более высоких порядков (шестой и выше), появление которых присуще транзисторным каскадам усилителей («транзисторное» звучание).

Интермодуляция — это еще более серьезное последствие нелинейности амплитудных характеристик.

Нелинейные искажения возникают не только в электронных схемах, но и в электромеханических приборах-звукоснимателях, громкоговорителях, магнитных головках.

Гармонические и интермодуляционные искажения — один из главнейших параметров, определяющих качество бытового аппарата (магнитофона, усилителя, АС и др.).

Шумы в зависимости от характера и происхождения делятся на:

электронные — это тепловые шумы от различных активных (транзисторов, микросхем) и пассивных (резисторов) элементов;

носителей звукозаписи грампластинок и магнитных лент (эти шумы имеют широкий частотный спектр, и бороться с ними относительно сложно);

шумы от механических повреждений (их проявление связано с пылью, царапинами на грампластинке, с дефектами на поверхности магнитных лент).

Паразитные шумы вызываются в основном из-за проникновения сигналов с частотой сети питания или ее гармоник (рокот, фон). Паразитная модуляция — специфичный тип искажений для звукозаписывающих и звуковоспроизводящих устройств и носителей звуковой информации. Возникает от непостоянства скорости движения носителя звука.

Линейная скорость магнитной ленты и угловая скорость грампластинки меняются под влиянием различных факторов. Часто они имеют периодический характер с произвольной частотой и вызывают изменение высоты тонов, к которым ухо особенно чувствительно, и восприятие неприятно. Другими словами — это паразитная модуляция (ПМ) звуковых сигналов с частотой изменения скорости (детонация). В соответствии с частотой изменения скорости она делится на детонацию в диапазоне от 0,5 до 10 Гц и детонацию от 10 до 300 Гц.

Слуховой эффект от ПМ до 10 Гц — завывание или плавание звука, а от 10 до 300 Гц — хрипение, сиплость чистых тонов.

Как известно, получение фонограммы на магнитной ленте состоит из процесса записи и ее воспроизведения. Поэтому на качество фонограммы и влияют оба процесса. Качество записи в значительной степени зависит от режима намагничивания ленты магнитофоном (точности установки оптимального уровня записи и оптимального тока подмагничивания для данного типа ленты), от качества записывающей головки (неравномерности ее АЧХ и др.), от характеристик ЛПМ магнитофона (коэффициента детонации и др.), от скорости движения ленты (чем выше, тем лучше) и, безусловно, от качества применяемой ленты. Причем все вышеназванные факторы должны присутствовать одновременно. Невыполнение одного из условий значительно снизит качество записи. Большинство названных факторов определяет магнитофон, его класс, но запись зависит и от источника записываемого сигнала.

Предпочтение следует отдать грампластинке с высококачественным ЭПУ, имеющим высококлассную головку звукоснимателя, от которой при прочих равных условиях в значительной степени зависит качество

Таблица 4.1. **Цифровая аппаратура магнитной звукозаписи**

Параметры	Магнитная звукозапись	
	цифровая	аналоговая (I к)
	0-20000±0,5 дБ	30-19±3,0 дБ.
Динамический диапазон, дБ	85 (14 разр.) 90 (16 разр.)	60—70 80 с СШП
Кг, %	0,03	1,0
К детонации, %	точн. кварц. генер.	0,03—0,05
Перекрестные искажения между каналами, дБ	—50	—80
Время воспроизведения, мин.	>120 (360)	60—120
Качество звука при многократной перезаписи	не ухудшается	каждая перезапись ухудшает соотношение с/ш на 1,5—2 дБ Кг ↑в 1,5—2 раза
Монтаж программы	электронный, ручной	ручной
Взаимозаменяемость записей	легкая	затрудненная

фонограммы. Особенно обращается внимание на величину коэффициента нелинейных искажений (весьма желательно 1...2 % и менее). Если источником сигнала служит другой магнитофон, то лучше, если его класс выше. Запись можно производить и через эквалайзер, добиваясь наилучшего субъективного восприятия фонограммы. Применение эквалайзера особенно эффективно при записи со старых, имеющих шумы фонограмм; если необходимо выделить голос певца и т. п.

Но если использовать эквалайзер для подъема верхних частот звукового сигнала, чтобы запись содержала большой их уровень, то это обычно приводит к значительным частотным и особенно нелинейным искажениям записанных верхних частот, так как лента перемагничивается и слышен скорее высокочастотный шум, чем качественное «прозрачное» звучание.

В настоящее время вне конкуренции является лазерный проигрыватель, все параметры которого выше, чем обычного проигрывателя: низкие нелинейные искажения, значительный динамический диапазон фонограммы, практически отсутствие шумов, и в том числе в паузе, «прозрачное» звучание верхних звуковых частот и др. Запись с такого источника, при прочих равных условиях, значительно качественнее, практически сохраняются все вышеназванные преимущества (табл. 4.1).

Влияние давления иглы на качество воспроизведения

При малой прижимной силе гармонические искажения тем больше, чем выше частота записанного сигнала. С повышением частоты (рис. 4.1 *а, б, в*) игла начинает менять контакт с профилем канавки и поднимается по стенкам.

Если давление нормальное (рис. 4.1, *г*), то кривая не имеет искажений.

На рис. 4.2 показано изменение коэффициента гармонических искажений в зависимости от прижимной силы.

Надо обеспечивать оптимальную прижимную силу.

Недостаточный прижим иглы звукоснимателя оказывает влияние и на частотную характеристику.

При недостаточном давлении наблюдается спад после 10 кГц, а в стереофонических звукоснимателях могут отличаться частотные характеристики обоих каналов в области верхних звуковых частот.

При отсутствии компенсации скатывающей силы давление иглы на внутреннюю канавку будет сильнее (из-за центробежной силы), чем на внешнюю, т. е. в стереозвукоснимателе прижимная сила для левого

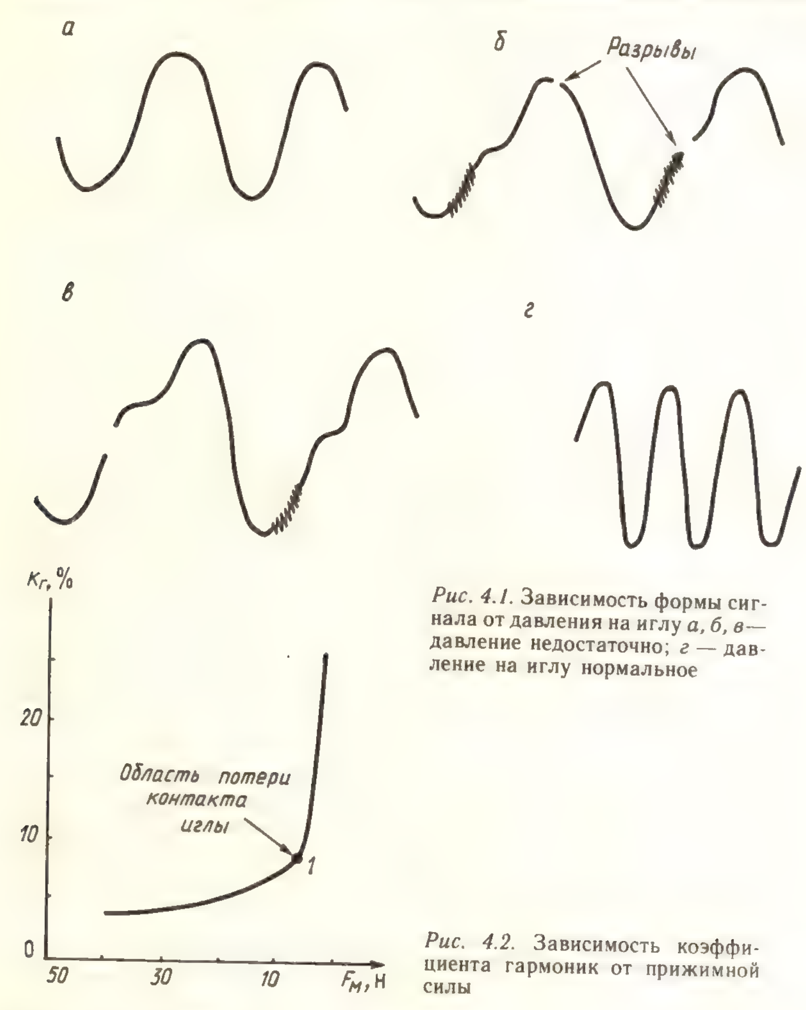


Рис. 4.1. Зависимость формы сигнала от давления на иглу *а, б, в* — давление недостаточно; *г* — давление на иглу нормальное

Рис. 4.2. Зависимость коэффициента гармоник от прижимной силы

канала будет достаточна, а для правого нет, что приведет к повышению гармонических, интермодуляционных искажений и ухудшению частотной характеристики правого канала (рис. 4.3 и 4.4).

Нелинейные искажения, вызванные отсутствием компенсации центробежной силы (антискатинга), могут достигать уровня более 10 %. Кроме того, появятся неравномерный износ стенок канавок грампластинки и,

следовательно, увеличение шумов и искажений в левом канале, неравномерный износ конца иглы, деформация подвижной системы звукоснимателя и дополнительные искажения.

Чрезмерное увеличение прижимной силы приводит к быстрому износу пластинки и к недопустимой нагрузке звукоснимателя, что создает дополнительные искажения. Исследования высококачественных звукоснимателей показали наличие довольно низкого значения коэффициента интермодуляционных искажений (КИМ) в рабочем диапазоне частот. Чем выше давление на иглу, тем он меньше и повышается с увеличением скорости.

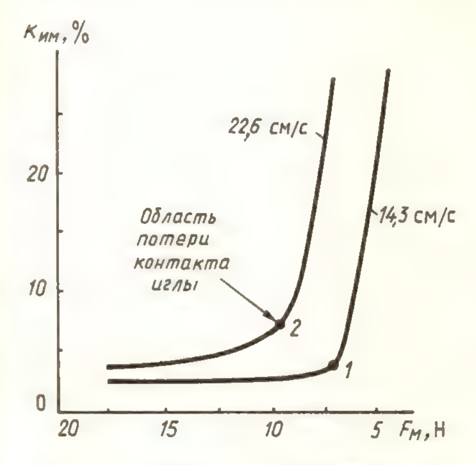


Рис. 4.3. Зависимость коэффициента интермодуляционных искажений от прижимной силы

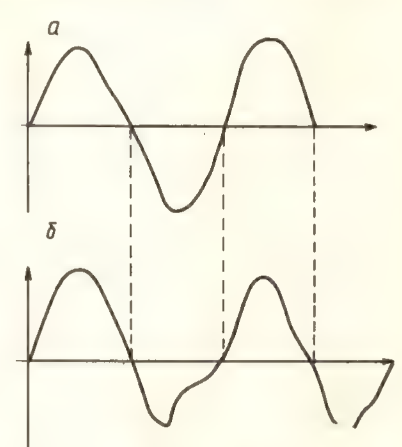


Рис. 4.4. Форма сигнала частотой 1000 Гц левого *(а)* и правого *(б)* каналов при нескомпенсированной центробежной силе: *а* — прижимная сила нормальная; *б* — прижимная сила недостаточна

У звукоснимателей более низкого качества замечено более резкое увеличение КИМ в области механического резонанса (до 2 %).

В настоящее время на рынке появляется ряд кассетных лент, которые сделаны внешне как у известных фирм, но качество их плохое. Это чаще кассеты, изготовленные (судя по надписи) в Гонконге, Тайване и без надписи фирмы изготовителя. Обнаруживается это в процессе пробных записей. Первый признак низкого качества — это плохая «отдача» ленты, то есть мы устанавливаем номинальный уровень записи, а при воспроизведении уровень порой на несколько децибел ниже (магнитофон исправен, что можно проверить фирменной кассетой). Следует помнить, что применение «долгоиграющих» кассет (например, со временем звучания 120 минут С-120) возможно на весьма качественных аппаратах, а на более простых лента может наматываться на вал и др. В настоящее время имеется большое разнообразие магнитофонных лент зарубежного производства (особенно для кассетных магнитофонов). Для каждого типа ленты необходим «свой» режим записи — воспроизведения, и выбирать ленту следует из возможности создания этого режима работы магнитофона. Если в нем не предусмотрено применение более качественных хромдиоксидных, феррохромных и «металлических» лент, то использовать их нецелесообразно.

Таблица 4.2. **Сравнение зарубежных магнитных лент в режиме «запись — воспроизведение» в области верхних звуковых частот**

Частота измерения, кГц	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Тип ленты	Уровень воспроизведения, дБ											
1. ТДК-Д	+4	+4	+4	+2	−6	−10	—	—	—	—	—	—
2. BASF LN	+4	+4	+4	0	−10	−14	—	—	—	—	—	—
3. SONY CHF	0	0	0	−2	−8	−10	−12	—	—	—	—	—
4. DENON DX-1	+4	+4	+4	0	−6	−10	−12	—	—	—	—	—
5. MAXSELL UD	+4	+4	+4	+2	0	−8	−12	—	—	—	—	—
6. AGFA FeC_2	+2	+2	+2	+2	+2	0	−4	−8	—	—	—	—
7. BASF GrO_2	+4	+4	+4	+4	+4	0	−4	−4	−6	—	—	—
8. MAXELL UD-XLII	+4	+4	+4	+2	0	−4	−8	−10	—	—	—	—
9. TDK SA-X	+4	+4	+4	+4	+4	+4	0	−4	−12	—	−12	—
10. FUJI «Metal»	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	0	0	−4	−4

Не будут реализованы лучшие характеристики этих лент, так как отсутствует необходимый режим записи — воспроизведения (необходимо большее значение токов записи, стирания и подмагничивания).

Выше приведены приближенные практические результаты частотных характеристик в области верхних частот некоторых распространенных у нас лент зарубежного производства (табл. 4.2). Запись производилась на кассетной приставке Техникс *RS*-M253X с генератора звуковой частоты. Во всех случаях уровень записываемого сигнала соответствовал рекомендованному инструкцией его эксплуатации с оптимальным подмагничиванием. В таблице приведен уровень сигнала при воспроизведении этим же аппаратом в децибелах, определенных по шкале индикатора. Как видно из таблицы, «отдача» лент на верхних звуковых частотах неодинакова. У «нормальных» лент на основе Fe_2O_3 уровень записанного сигнала уменьшился после 10...11 кГц, у лент CrO_2, FeCr после 13...14 кГц. Коэффициент гармоник на частоте 1 кГц был около 1,5 % и 2 % у лент на основе Fe_2O_3 и около 1,5 % у лент на основе FeCr, CrO_2, Me.

У имевшихся образцов отечественных лент коэффициент гармоник составляет 3...4 %, но заметна значительная неоднородность полива лент. Для получения качественной записи — воспроизведения необходимо точно выдержать режим записи. Превышение номинального уровня записи приводит к увеличению нелинейных искажений сигнала и шума. Индикаторы уровня записи современных магнитофонов позволяют довольно точно контролировать уровень записи, а некоторые содержат и пиковый индикатор, регистрирующий кратковременные превышения уровня сигнала. Заниженный уровень записи также снижает качество фонограммы: приводит к уменьшению ее динамического и к ухудшению отношения сигнал/шум.

Как известно, уменьшение тока подмагничивания ведет к увеличению уровня высокочастотных составляющих звукового сигнала около 6... 10 кГц и выше, но в дальнейшем возрастают и нелинейные искажения.

В ряде журналов «Радио» 80-х годов содержатся рекомендации по повышению качества записи оптимизацией тока подмагничивания. Хорошие практические результаты получены опытными радиолюбителями при применении динамического подмагничивания в своих магнитофонах, как катушечных, так и кассетных, отечественного и зарубежного производства. Улучшает качество записи и применение шумопонижающих устройств, особенно у кассетных аппаратов. Это не только снижает уровень шумов, но и расширяет динамический диапазон записываемой фонограммы.

Современные бытовые магнитофоны и магнитофонные ленты рассчитаны на длительный срок качественной и безотказной работы. Однако долговечность их во многом зависит от правильной эксплуатации и ухода. Практика показывает, что магнитофонная лента длительное время сохраняет вполне удовлетворительное состояние при хранении в обычных комнатных условиях. Однако надо следить, чтобы лента не хранилась вблизи источников тепла, не оставалась длительное время на нагретой панели магнитофона, у радиаторов отопления, на телевизоре, нагревающемся от работы, и т. п. При длительном воздействии тепла лента пересыхает, коробится, может местами осыпаться магнитный слой. Все это ухудшает качество записанной или записываемой фонограммы, приводит к загрязнению ЛПМ магнитофона, рабочих зазоров головок. Неблагоприятно на магнитную ленту влияет солнечный свет. Поэтому, пока лента не используется, ее лучше хранить в темноте, в коробке, защищающей от попадания пыли, песка, грязи и т. п.

Попавшая на ленту грязь, песчинки заносятся в ЛПМ магнитофона, нарушая его нормальную работу и вызывая преждевременный износ, выход его из строя. Да и сама лента царапается от загрязненного ЛПМ, деформируется и после непродолжительного времени использования становится практически непригодной для качественной записи. Естественно, что ленту с магнитной записью надо самым тщательным образом оберегать от воздействия сильных постоянных или переменных магнитных полей, которые могут вызвать частичное или полное стирание записей, копирование записи с одних витков на другие. Источником таких полей могут быть силовые трансформаторы, питающие бытовые аппараты, автотрансформаторы, мощные постоянные магниты громкоговорителей акустических систем и другие подобные устройства.

Хорошее воспроизведение и запись можно получить только при хорошем контакте ленты с рабочим зазором магнитной головки. Допустимая величина отхода ленты от рабочего зазора не должна превышать 0,5... 1 мкм. Одной из причин «ухода» ленты от головки является загрязнение последних частицами пыли, всегда имеющимися в достаточном количестве в воздухе. Эта пыль оседает вниз на ленту и детали ЛПМ. Тем более что лента и детали электризуются при трении, еще сильнее притягивая частицы пыли. А для этого необходимо регулярно проводить чистку магнитофона, особенно тракта движения ленты, магнитных головок, прижимных роликов, направляющих. Использовать для этого можно ватный тампон, смоченный в спирте или одеколоне. Некоторые зарубежные фирмы для чистки головок своих магнитофонов не рекомендуют использовать спирт, а применяют специальные «фирменные» средства. Ввиду отсутствия последних на практике успешно используют пониженную концентрацию спирта, и это существенно не влияет на состояние поверхности головки. Практически бо́льшую часть суток аппараты не используются, поэтому лучше в это время закрывать их полиэтиленом. Количество пыли значительно уменьшится, а качество работы и долговечность аппаратов возрастут. Необходимо также тщательно выполнять рекомендации по эксплуатации аппаратов, месту их установки, руководствуясь при этом в первую очередь созданием оптимальных условий для нормальной работы, а уж потом дизайном. У аппаратов, установленных в специальные стойки, шкафы и т. п., ухудшается вентиляция, что приводит к дополнительному нагреву аппарата, а размещение аппаратов прямо на усилителях мощности (особенно работающих в режиме *А*) приводит к значительному подогреву и быстрому выходу из строя. Некоторые высококачественные аппараты зарубежного производства требуют применения стабилизаторов напряжения сети.

Остаточный магнитный поток намагниченной ленты до насыщения:

$$\Phi_{r_s} = \mu_0 H_c b D d / N_v = \mu_0 M_{r_s} b d D,$$

где

μ_0 — относительная магнитная проницаемость;

H_c — коэрцитивная сила;

b — ширина дорожки записи;

D — объемная концентрация магнитных материалов в рабочем слое ($D = 0{,}25...0{,}45$);

d — толщина рабочего слоя;

N_v — коэффициент внутреннего саморазмагничивания;

M_{r_s} — остаточная намагниченность.

Этот поток является случайной функцией координаты ленты — при воспроизведении наблюдается флуктуация потока.

В результате лента ведет себя как источник шума, который в зависимости от ее магнитного состояния имеет разные характеристики. В связи с этим воспроизводимый головкой шумовой сигнал получил разные названия.

Шум размагниченной ленты возникает от ленты размагниченной в специальном устройстве с пространственно распределенным и медленно-спадающим полем. Такой способ размагничивания обеспечивает наименьший остаточный уровень шума.

Шум паузы появляется в каналах записи, когда в отсутствие полезного сигнала на ленту воздействует только ток ВЧ подмагничивания. Шум паузы превышает шум размагниченной ленты на 3...7 дБ в зависимости от типа ленты, частоты ВЧ подмагничивания, конструкции головки записи (ГЗ).

Шум намагниченной ленты наблюдается, когда лента намагничена постоянным током и нормируется для случая намагничивания до насыщения, когда достигает максимальной величины. Этот шум на 20 дБ и более превосходит шум паузы.

Модуляционный шум возникает при записи переменного сигнала. Он характерен тем, что приблизительно пропорционален локальной намагниченности ленты, т. е. модулирован записанным сигналом.

По источникам происхождения шумы подразделяются еще на контактные и структурные.

Контактные обусловлены непостоянством контакта между лентой и головками.

Структурные обусловлены магнитной неоднородностью рабочего слоя, которая возникает из-за ряда причин: неравномерная объемная концентрация магнитных частиц, различия магнитных свойств частиц, нарушение ориентации игольчатых частиц, изменения толщины рабочего слоя.

Основные источники структурного шума

Неравномерная объемная концентрация частиц в слое приводит к флуктуации магнитного потока ленты, и дисперсия потока тем больше, чем выше неравномерность концентрации частиц.

Уменьшение размеров частиц и соответственное увеличение их количества в сечении рабочего слоя способствует уменьшению этой составляющей шума.

Неодинаковость магнитных свойств феррочастиц, составляющих рабочий слой, является второй по важности причиной структурного шума ленты. Магнитные свойства частиц зависят от их геометрических размеров

и даже при размагниченной ленте в слое сокращается некоторое количество частиц, имеющих остаточную намагниченность. Произвольная ориентация их в слое соответствует его размагниченному состоянию, однако неравномерность распределения, рассеяние магнитных свойств и углов ориентации частиц приводит к появлению шумового магнитного потока. Эти изменения, а следовательно, и шум намагниченной ленты пропорциональны самой намагниченности.

Полная мощность шума в головке воспроизведения (ВГ) пропорциональна ширине дорожки B и квадрату скорости ленты v. Головка воспринимает магнитный поток не только с зоны контакта, но и справа и слева от геометрической дорожки. Эффективная ширина $b_э = b + 0{,}1\lambda$, где λ — длина волны. Изменение расстояния между лентой и головкой является другой составляющей шума. Контактный шум возникает как в процессе записи, так и в процессе воспроизведения (с разными эффектами при записи и воспроизведении). На это в большей степени влияет контакт с ГВ. В процессе записи при больших токах это явление может быть почти незаметно.

Причины контактного шума: шероховатость ленты, ее вибрации и загрязнения поверхности (прижим, натяжение и др.).

В общем, шум ленты процесс случайный и обусловливается:

1) микроструктурой рабочего слоя ленты (магнитной и механической);

2) вибрациями, загрязнениями и т. п.

Ленты

При эксплуатации лент могут быть выявлены их дефекты, существенно влияющие на качество записи и воспроизведения.

Сабельность ленты (кривизна рабочего края ленты) приводит к плохой ее намотке на катушку, перемещению поперек головок, динамическому перекосу, сползанию из-под роликов.

Коробление ленты (в свободном состоянии лента принимает форму желоба) ухудшает ее намотку, приводит к неодинаковой силе ее прижима к головкам вдоль рабочего зазора.

Шероховатость рабочего слоя вызывает повышенный износ головок, шум, паразитную фазовую модуляцию, пропадание сигнала. Величины шероховатости приведены в табл. 4.3.

Износостойкость ленты определяет ее способность сохранять неизменность отдачи в течение некоторого большого числа прогонов через ЛПМ.

Проведены исследования и измерения в трех режимах работы: I — рабочий ход; II — рабочий ход и перемотка с касанием головки воспроизведения; III — рабочий ход и перемотка с постоянным контактом со всеми головками, в том числе со стирающей ферритовой.

Ферритовая стирающая головка оказывает наибольшее изнашивающее действие на ленту, причем самым существенным оказывается влияние кромки зазора, где часто наблюдаются острые края микроизносов. Испытания подтвердили, что наиболее тяжелым является режим III. Лента старого типа А4615-6Р испытаний не выдержала, высокие результаты показала новая лента А4620-6Р для профессиональной звукозаписи. Из испытанных лент семи типов только одна выдержала испытания без ухудшения отдачи — это PER 528 фирмы Agfa (ФРГ).

В таблице (4.4) приведены итоги испытаний по изменению уровня шума намагниченной ленты в результате прогонов через ЛПМ.

Помимо равномерного износа всего рулона ленты нередко наблюдаются серьезные локальные повреждения рабочего слоя, которые ведут к

Таблица 4.3. **Величины шероховатости лент Fe_2O_3**

Тип ленты	СКОТЧ-223	РЕ 46	ТДК ЗД	ПИРАЛЬ GD	И4213 И4212	И4406 И4414 И4416 И4424	И4226 И4311 И4321
					измерительные СССР		
Шероховатость, мкм	0,17	0,16	0,08	0,33	0,4	0,25	0,35

Таблица 4.4

Тип ленты	Фирма, страна	Уровень шума, дБ		
		до испытаний	700 прогонов режим II	700 прогонов режим III
SPL LHL	BASF, ФРГ	—(45...47)	—(43...45)	—39
UD50	Maxell, Япония	—(43...45)	—(38...49)	—36
A4620-6P	Свема, СССР	—43	—(38...50)	—33
A4615-6P	Свема, СССР	—(38...39)	—(10...27)	—(26...28)
ORWO104	ORWO, ГДР	—43	—(42...43)	—42
LGP30P	BASF, ФРГ	—(45...46)	—(44...45)	—38
PER528	Agfa, ФРГ	—45	—45	—45

выпадениям сигналов (особенно это важно при записи программ для компьютеров).

Режим воспроизведения не является «безобидным» для лент. Многократное воспроизведение ухудшает качество.

В процессе работы изнашивается лента, но в еще большей степени она изнашивает головки. Параметр абразивности ленты характеризует интенсивность этого износа.

Абразивность определяют по степени износа алюминиевой пластинки (марка А5) на скорости 19,05 см/с при натяжении 2,5 Н (для ленты шириной 6,25 мм). За единицу измерения абразивности принимается изменение высоты пластинки в микрометрах на 1 м пропущенной ленты. Абразивность зависит от многих факторов. Она пропорциональна давлению ленты (натяжение и угол охвата головки). С ростом скорости абразивное действие ленты падает. Абразивность разных лент может отличаться на порядок и более. Рост влажности ленты и окружающего воздуха приводит к существенному увеличению абразивности (в зависимости от материала образца). У новой ленты абразивность выше, чем у побывавшей в эксплуатации.

Ленты с использованием двуокиси хрома отличаются большим абразивным действием, чем окиси железа, и иногда в состав этого слоя для уменьшения абразивности вводят добавку окиси железа.

Головки

Главное достоинство аморфных головок — возможность работать с магнитными лентами большой коэрцитивной силы, например металлическими, т. к. аморфные материалы характеризуются большой индукцией насыщения.

Механическое воздействие головки и ленты

В процессе работы аппарата магнитной записи магнитные поля ленты и головок взаимодействуют между собой. Для повышения эффективности этого взаимодействия лента должна надежно контактировать с головками.

Движение ленты по рабочей поверхности головки сопровождается тремя явлениями, которые препятствуют поддержанию контакта:

1. Шероховатость ленты. Из-за нее образуется некоторый эффективный зазор. Шероховатость в пределах 0,01...0,1 мкм приводит к поддержанию (образованию) неконтакта 0,03...0,3 мкм, т. е. с коэффициентом 2,7. Нарушения поверхности в виде выступов и провалов приводят к кратковременным полным потерям контакта и вызывают выпадения-падения амплитуды сигнала более чем на 50 %.

2. Проявление сил инерции, возникающих при огибании головки. Они совместно с собственной жесткостью ленты в некоторой степени нейтрализуют статическое натяжение ленты и уменьшают ее давление на головку.

Жесткость ленты и ее прилегание существенно зависит от температуры (например, ленты фирмы BASF в интервале температуры —40...+60 °С изменяют свою жесткость от 4 до 0,5 Н/мм²).

3. Появление воздушной подушки. Воздух на повышенных скоростях движения ленты (более 0,7 м/с) увлекается ею и образует тонкую воздушную прослойку между лентой и головкой. Угол охвата головки лентой d (рис. 4.5) должен быть как можно меньше по следующим причинам: уменьшается «змейка» при больших длинах волн записи, отклонение

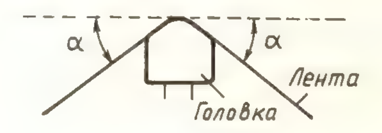


Рис. 4.5. Угол охвата лентой головки

головки от перпендикулярности к плоскости движения ленты в меньшей степени уводит ее в поперечном направлении, снижается количество продуктов износа ленты и головки, загрязняющих элементы ЛПМ.

С другой стороны, чем больше угол охвата, тем больше сила прижима ленты к головке и надежнее контакт, необходимый для нормальной работы аппарата. Поэтому компромиссным решением является, когда $d=4...10°$.

В процессе работы МГ изнашиваются, что приводит к уменьшению глубины рабочего зазора и способствует росту эффективности прилегания ленты до тех пор, пока зазор не окажется стертым полностью, после чего головка быстро выходит из строя.

Головка может выйти из строя и раньше. При своем движении лента наносит на зазор материал сердечника (если сердечник металлический), который образует магнитный шунт зазора. Такой блок головки восстанавливается полировкой рабочей поверхности, как и при изготовлении.

Иногда головки намагничиваются, что приводит к падению уровня воспроизводимого сигнала, форма его искажается (надо размагнитить).

Процесс записи

Как отмечалось ранее, высокочастотное подмагничивание при записи применяется для уменьшения нелинейных искажений. Нелинейные искажения представлены преимущественно третьей гармоникой (рис. 4.6).

Закономерности, показанные на графике, типичны для магнитных головок различных конструкций и магнитных лент разных типов. Из графиков видно, что уровень нелинейных искажений может быть уменьшен путем подбора оптимальных токов записи и подмагничивания до —40 дБ и более относительно своего максимального значения.

Уровень третьей гармоники неодинаков у сигналов, записанных с различной длиной волны (различной частоты). Эта разница в зависимости от типа ленты может достигать нескольких децибел. Для сигнала какой-то

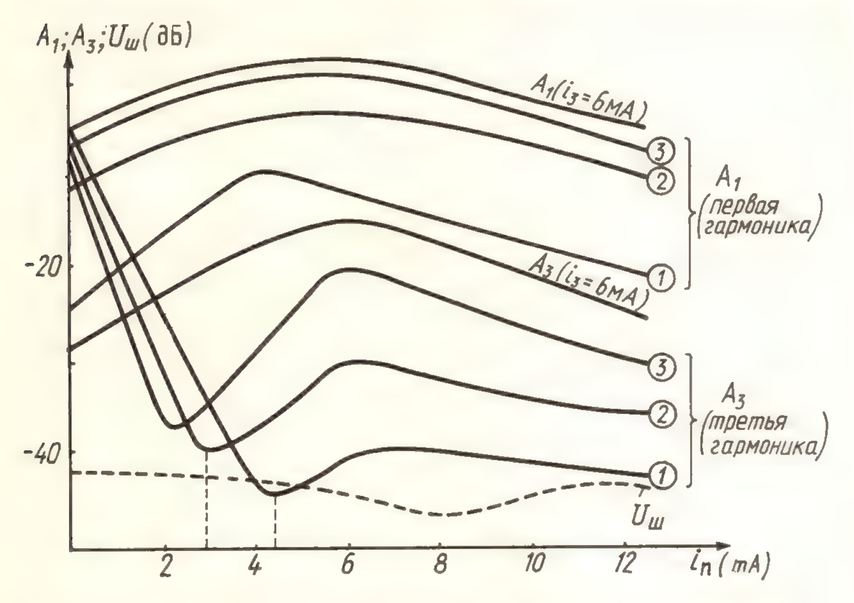


Рис. 4.6. Зависимость уровней A1 (первой) и A3 (третьей) гармоник в воспроизводимом сигнале от тока записи $i_з$ и тока высокочастотного подмагничивания $i_п$

одной частоты можно подобрать ток подмагничивания, минимизирующий уровень искажений, но он не будет оптимальным для сигналов других частот. Поэтому в широком частотном диапазоне при обычных схемах подмагничивания не удается получить Кг менее 1...3 % (в зависимости от типа ленты). Существует много различных схем оптимизации тока подмагничивания, дающих хорошие результаты.

Регулировка тока подмагничивания изложена на странице 261.

Благодаря закономерностям намагничивания четные гармоники при записи теоретически не возникают (почему и оценивают нелинейные искажения по уровню третьей гармоники), но в реальных каналах их появление не исключено.

Причинами появления четных гармоник могут быть: воздействие постороннего магнитного поля, появление в головке записи токов утечки конденсаторов, наличие четных гармоник в токе подмагничивания.

Шум канала. Ток ВЧ подмагничивания оказывает влияние и на величину шума в паузе. Как правило, минимум шума наблюдается при $I_п$ несколько превышающем ток подмагничивания, соответствующий минимуму искажений (см. график рис. 4.6).

Таким образом, для получения оптимальных значений трех важнейших параметров (уровня полезного сигнала, нелинейных искажений и шума) требуется установка различных токов подмагничивания.

Регулировкой (стр. 261) добиваются компромиссного решения.

Частотные характеристики

Форма АЧХ формируется под воздействием двух факторов: собственной АЧХ канала «запись — воспроизведение» (основное) и рядом дополнительных явлений (частотные потери, нарушения в геометрии рабочих

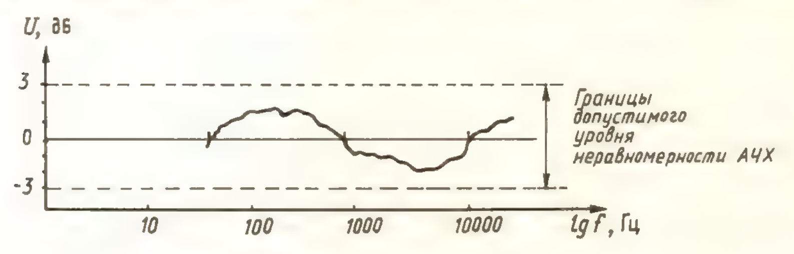


Рис. 4.7. Допуски на АЧХ сквозного канала

зазоров и др.), и АЧХ звеньев частотной коррекции, включенных в состав канала и предназначенных для компенсации неравномерности АЧХ. Кроме того, АЧХ канала зависит от «субъективных факторов»: экземпляра головки в данном аппарате, образца магнитной ленты, степени износа лент и головок, плохого контакта лент с головками и т. д. Поэтому абсолютно полная коррекция АЧХ сквозного канала практически недостижима. Для неравномерности сквозной АЧХ канала установлен довольно широкий допустимый уровень ±3 дБ (рис. 4.7).

Шумы в каналах при записи

Уровень сигнала определяется намагниченностью ленты при заданном уровне нелинейных искажений. Уровень шума — собственным шумом магнитной ленты, и этот шум — принципиальная нижняя граница шумов канала.

Относительный уровень шума паузы, т. е. отношение шума ленты, подвергнутой действию тока ВЧ подмагничивания, к величине сигнала зависит от типа ленты (табл. 4.5).

Таблица 4.5.

Тип ленты	PS 25 (ГДР)	PE 46 (ФРГ)	LGS 25 (ФРГ)	P 200 (Франция)	А4403-6 (СССР)	СКОТЧ-190 (США)
Уровень шума относительно максимального сигнала, дБ	−51	−56	−49	−51	−50	−50

Данные получены для ширины дорожки 6,25 мм. В случае многодорожечной записи относительный уровень шума возрастает по закону $\sqrt{6{,}25/в}$, где *в* — ширина дорожки.

В результате в зависимости от ширины дорожки возникает следующий прирост уровня шума (табл. 4.6).

В канале «запись — воспроизведение» к шуму ленты добавляются шумы, помехи иного происхождения: шум усилителя, собственный шум головки воспроизведения, переходные помехи, наводки от токов механизмов. Наиболее заметен шум усилителя, величина которого (приведенная ко входу) в зависимости от частотного диапазона составляет от единицы до нескольких десятков микровольт.

Таблица 4.6.

Ширина дорожки, мм	1,27	0,63	0,46
Прирост уровня шума, дБ	+7	+10	+11,5

Шум усилителя наиболее заметен на малых скоростях воспроизведения, когда сигнал головки мал и составляет десятки, сотни микровольт. С ростом скорости увеличивается сигнал головки воспроизведения, но влияние шумов усилителя практически не меняется, т. к. пропорционально увеличению скорости расширяется АЧХ канала. Кроме того, на высоких скоростях и, соответственно, высоких частотах начинают появляться помехи проникания, наводки, собственные шумы головки. Воздействие этих факторов приводит к тому, что соотношение сигнал/шум составляет примерно 20...36дБ и практически мало зависит от скорости, а больше от ширины дорожки записи. Улучшить соотношение сигнал/шум позволяют системы шумопонижения, но они вносят искажения сигнала (правда, малозаметные для слушателя).

Оценка соотношения сигнал/шум в звукозаписи производится с использованием взвешенного частотного фильтра, учитывающего субъективные особенности восприятия человеческого уха, и значения соотношения сигнал/шум получаются более высокие.

Ранее названные шумы появляются в отсутствие сигнала, в паузе. Но имеются шумы, которые появляются именно в присутствии сигнала, с уровнем, наибольшим, чем больше амплитуда сигнала. Они проявляются в виде модуляционного шума, нестабильности амплитудной характеристики.

Величина модуляционного шума зависит от уровня тока ВЧ подмагничивания, т. к. выбором i_n можно в некоторой степени ослаблять контактную составляющую. Тогда модуляционный шум определяется физико-механическими и магнитными неоднородностями рабочего слоя. Его относительный уровень приблизительно на 15...20 дБ превышает уровень размагниченного носителя в зависимости от свойств магнитных лент.

Ниже приводятся данные превышения шумом намагниченной ленты шума паузы для лент некоторых типов (табл. 4.7).

Таблица 4.7.

Тип ленты	СКОТЧ-401	СОНИ-32	Т4305	А4402
Превышение шума, дБ	14,5	22	16,5	20

В реальных условиях записи, если ленту не намагничивать до насыщения (не превышать оптимальный уровень записи), шум намагниченной ленты на 2...6 дБ ниже.

Жесткие требования предъявляются к симметрии тока подмагничивания. Коэффициент нессимметрии тока ВЧ подмагничивания: $K_{нс} = (I_2/I_1) \sin \varphi$, где I_1 — ток основной гармоники, I_2 — ток второй гармоники, φ — фазовый сдвиг между основной и второй гармониками (рис. 4.8).

Из рисунка видно, что уровень шума паузы возрастает на 0,8...1,2 дБ на каждый процент роста несимметрии тока подмагничивания.

Возрастание шума происходит за счет намагничивания ленты постоянной составляющей в колебании при наличии четных гармоник. Это и объясняет применение двухтактных генераторов, обладающих более высокой степенью симметрии.

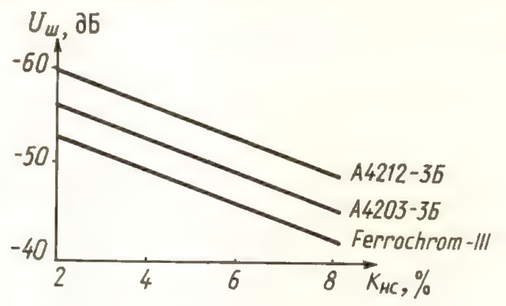


Рис. 4.8. Зависимость шума ленты от $K_{нс}$

Установка акустических систем (АС)

При размещении АС в комнате обычно не руководствуются строгими правилами и законами акустики. Чаще вынуждены устанавливать там, где имеется место, в соответствии с габаритами АС. Самое оптимальное место, с точки зрения звучания, обычно находят экспериментальным путем после неоднократных перестановок.

При этом можно использовать некоторые рекомендации, приведенные ниже. Акустические системы могут быть поставлены вертикально или горизонтально. При вертикальном положении высокочастотные громкоговорители должны оставаться в верхней части и располагаться приблизительно на высоте слушателя, т. к. эти громкоговорители имеют более острую диаграмму направленности звуковых волн.

Поэтому при горизонтальном положении АС высокочастотные громкоговорители должны находиться с внутренней стороны. Если АС плотно прижаты к углам комнаты, то максимально подчеркиваются нижние частоты, и если наблюдается «гудение», то системы следует отодвинуть от углов. Если поднимать АС на некоторую высоту от пола, то затухание нижних частот будет более сильное. Чрезвычайно громкое звучание нижних частот получается при удалении задней стенки АС от стены, но оно неестественно.

Обычно данные об искажениях акустических систем, громкоговорителей в каталогах не приводятся, видимо, из чисто коммерческих соображений. Нелинейные искажения АС, громкоговорителей во много раз выше, чем у остальных аппаратов (усилителей, магнитофонов и др.). Кроме того, они имеют и большие частотные искажения. У громкоговорителя они проявляются чаще на определенных частотах или в узком диапазоне частот. Самые большие искажения наблюдаются на нижних частотах и на 30 Гц могут достигать несколько десятков процентов, но

акустическая мощность на этих частотах настолько мала, что эти искажения слабо проявляются.

Приблизительное представление об искажениях, создаваемых громкоговорителем или акустической системой, можно получить следующим образом (рис. 4.9).

Генератор должен плавно изменять частоту, микрофон — высококачественный, а вход у осциллографа — высокочувствительный, чтобы можно было наблюдать сигнал прямо с микрофона. В противном случае

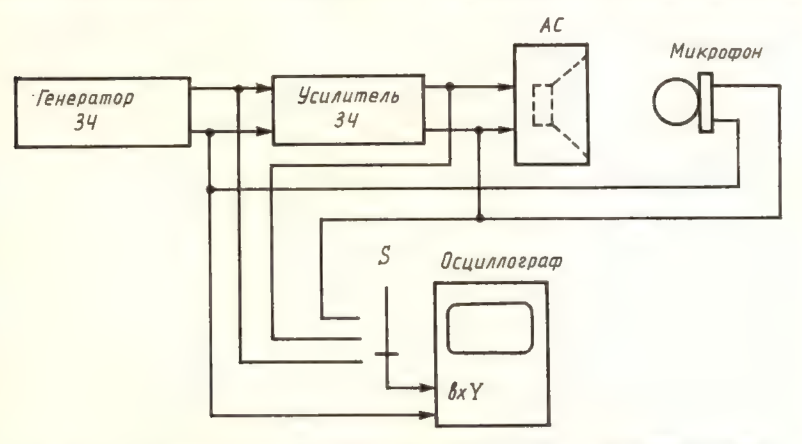


Рис. 4.9. Приближенное измерение коэффициента гармоник громкоговорителя в любительских условиях

необходимо использовать микрофонный усилитель. Вместо генератора можно использовать электропроигрыватель с измерительной пластинкой, на которой записаны сигналы частот звукового диапазона.

Подключая осциллограф к выходу генератора, затем к выходу усилителя, наблюдаем искажения самого усилителя, а затем подключаем осциллограф к микрофону и увидим существенную разницу в форме сигналов (значительные искажения). Искажения особенно заметны в области нижних частот (30...40 Гц). Такой метод не дает количественной оценки искажений, не позволяет увидеть «поведение» различных громкоговорителей, но позволяет ориентировочно выбрать лучшие из имеющихся в наличии.

4.2. МЕТОДЫ ОТЫСКАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

При ремонте аппаратов магнитной записи отыскание неисправности — это один из наиболее сложных процессов. Найти неисправность — значит найти отказавший элемент или ошибку сборки и монтажа аппарата.

Для более быстрого обнаружения неисправности требуется хорошее знание: принципиальной схемы аппарата и его конструктивных особенностей; порядка разборки аппарата; способов проверки работоспособности отдельных блоков, узлов и радиодеталей; работы с измерительной аппаратурой.

Перед началом ремонта конкретного аппарата у радиомеханика обычно «созревает в голове» определенный план поиска неисправности, возникающий в результате логического мышления над полученной ин-

формацией о работе аппарата, особенностях его принципиальной схемы и механики и просто личного практического опыта.

Если такого плана нет, значит, ремонтник не подготовлен полностью к работе по ремонту аппарата и может отыскать лишь относительно простые, ясно видимые неисправности, руководствуясь общими методами их отыскания, которые обязан знать. У занимающихся ремонтом радиоэлектронной аппаратуры развивается логическое мышление, которое и создает план поиска неисправности. Но для этого должна быть определенная база знаний, умений и навыков.

Для того, чтобы искать причины ненормальной работы аппарата, надо знать, как он должен работать нормально. Так, в случае с магнитофонами надо представлять общие принципы магнитной записи и воспроизведения звука, схемные решения отдельных его каскадов и конструкцию механических узлов, а затем более подробно знакомиться с конкретным аппаратом. Так, при изучении принципиальной схемы выяснить: имеется ли универсальный усилитель записи — воспроизведения, или они раздельные; каков способ коммутации головки ко входу усилителя, корректирующих цепей и др.

При изучении механической части магнитофона обратить внимание на передачу двигатель — ведущий вал, способ подмотки приемного узла и подтормаживание подающего, работу перемотки и т. д. Если нет описания работы кинематики магнитофона, то в ней надо разобраться при внимательном внешнем осмотре, обращая внимание на взаимодействие узлов, особенно с пружинами, которые могут ослабевать или соскакивать со своих мест, определить назначение каждой тяги, планки и т. п. При этом надо помнить, что вращающиеся детали (прижимной ролик, ведущий вал и др.), как правило, в свободном состоянии, должны вращаться легко, в противном случае — промыть и немного смазать. Не надо спешить разбирать лентопротяжный механизм, не определив точно цели работы. Особенно это относится к автомобильным проигрывающим устройствам. Они компактны, имеют много деталей, и сборка их сложна. Бездумная разборка такого механизма приведет к тому, что собрать его будет качественно крайне сложно.

При неисправности в любом аппарате необходимо сначала получить максимум информации, используя все внешние регулировки, цепи подачи и снятия сигнала, показания индикаторов, характер шумов громкоговорителя, надежность контактов соединительных шнуров, правильность подачи уровня сигнала (на тот ли вход усилителя или вход для записи) и др.

Например, воспроизведение отсутствует, а индикатор работает, показывая уровень сигнала, значит, головка, ее коммутация и часть схемы до индикатора включительно исправны. Если запись проводится с большими искажениями, при нормальном уровне, предполагая, что нет тока подмагничивания, следует проверить, работает ли вообще ГСП. Для этого нужно попробовать стереть запись, если она стирается, значит, ГСП работает и неисправность надо искать уже более детально в схеме подачи подмагничивания и др. Или, к примеру, нет воспроизведения у магнитофона (с оконечным УЗЧ), а в громкоговорителях слышен характерный шум, как в паузе, видимо, оконечный УЗЧ работает.

Из принципиальной схемы магнитофона следует определить, где подключены индикаторы (или один) уровня записи и что в таких случаях они должны показывать (напряжение питания, уровень сигнала); имеется ли линейный выход стерео или моно (в некоторых зарубежных, простых магнитолах, малогабаритных магнитофонах нет) и каков уровень выходного сигнала; имеется ли выходной усилитель звуковой частоты

моно или стерео и отключается ли в нем громкоговоритель; каков способ подачи напряжения питания от батарей и от сети (особенно у малогабаритных аппаратов), как осуществляется коммутация; на каком участке схемы подключены головные телефоны и др.

Такие сведения помогут принять определенный логический план поиска неисправности. Так, например, при отсутствии записи в магнитофоне с универсальным усилителем можно проверить, есть ли воспроизведение, и если оно имеется, то головка и универсальный усилитель исправны, а неисправность следует искать в цепях подачи сигнала для записи и коммутации головки, индикаторов, универсального усилителя. Если же нет и воспроизведения, то проверить, работает ли индикатор уровня сигнала, и если он работает, то часть схемы до него работает, а неисправность где-то после него, до головки, и т. д.

Изучать принципиальную схему нужно до тех пор, пока не появится определенный план. Сейчас во многих аппаратах, особенно в кассетных магнитофонах-приставках, многие платы выполняются на многоконтактных механических разъемах. Такие контакты могут со временем окисляться, ухудшаться сила прижатия в результате тряски или просто ломаться. В таких случаях сигнал, проходя через такие контакты, может отсутствовать, могут прослушиваться сильные трески, искажения сигнала. Поэтому при подозрении на такую причину плату или разъем достаточно вынуть и осмотреть, промыть ее контакты спиртом, одеколоном, а может, омметром проверить их надежность, места пайки еще раз пропаять. На работающем аппарате иногда даже прикосновение к такой плате, разъему приводит к появлению сигнала или пропаже треска. Если же в аппарате не работает механика, а управление ею квазисенсорное, то следует изучить схему управления, узнать, как поступает напряжение на двигатели, электромагниты и т. п.

Таким образом, прежде чем разбирать аппарат, добираясь до монтажа, надо использовать все возможные косвенные проверки. Коль уже решено разбирать аппарат, то это надо делать тоже внимательно. Порядок разборки аппарата изложен в заводской инструкции по его ремонту и регулировке. При ее отсутствии следует руководствоваться общими принципами. Винты, крепящие корпус, обычно располагаются по краям, и они, как правило, одинаковые. В зарубежных переносных магнитолах, магнитофонах винты, крепящие корпус, могут располагаться и в отсеке, где размещаются гальванические источники питания, а верхняя часть может крепиться на пластмассовых защелках. Трудность разбора состоит в том, что мы не видим их, не знаем, в каком месте они расположены, и чрезмерно приложенные усилия могут привести к повреждению корпуса. Их же проектируют так, что нет необходимости прикладывать чрезмерные усилия при разборке. Ослабляя все винты, мы должны почувствовать, как «расслабляется» корпус, и иногда окончательно отвинтить их. Чтобы не повредить лицевые панели аппаратов при разборке и работе с ними, на стол обычно подкладывают слой поролона или что-нибудь аналогичное. Внимательно надо отвинчивать винты на металлических несущих шасси, где закреплены практически все узлы магнитофона. Так можно случайно отвинтить и тяжелую деталь, узел, который, падая, вызовет обрывы проводников, нарушение монтажа, поломки деталей и др.

Поиск неисправности обычно ведется в следующей последовательности:

1. Определение неисправного блока в аппарате (усилитель записи, генератор стирания и подмагничивания и т. п.).
2. Определение неисправного каскада в блоке.
3. Отыскание неисправностей детали в каскаде.

4. Анализ причин выхода из строя детали.
5. Подбор и замена детали.
6. Послеремонтная проверка и регулировка каскадов в блоках и аппарата в целом.

Перед началом поиска неисправности целесообразно выяснить (по возможности) причины выхода из строя аппарата (удары, падения, попадание воды и т. п.), когда и при каких обстоятельствах случилась неисправность (при переключении режимов работы, включении питания, увеличении громкости и т. п.).

Такие, порой незначительные, сведения могут помочь в определении правильного направления поиска неисправности. Например, если магнитофон перестал работать после падения или резкого толчка, то, вероятнее всего, случился обрыв детали, контакта, провода и т. п.

На практике могут применяться различные методы отыскания неисправностей, но обычно начинают с внешнего осмотра.

Внешний осмотр. Под внешним осмотром понимается использование не только зрения, но и слуха, обоняния, а при наличии знаний и логического мышления можно обнаружить многие механические и электрические неисправности.

Более детально осмотру подвергаются «подозреваемые» места: узлы, детали. Например, если при включении аппарат не работает вообще, то проверяют целостность предохранителей и их ток защиты, состояние шнура питания, присоединительной колодки и др. Если же при включении слышно громкое гудение трансформатора, двигателя, электромагнита и т. п., то надо сразу выключить аппарат, понимая, что причиной является большая перегрузка названных деталей: большой потребляемый ток от трансформатора, большая нагрузка на вал двигателя и др. При этом часто перегорает предохранитель. Поиск неисправности на первом этапе направлен на выяснение вышеназванных причин. Иногда при включении аппарата через небольшой промежуток времени слышен характерный запах гари от пропиточных лаков обмоток трансформаторов, двигателей и т. п. В этом случае также сразу выключают аппарат и, прикасаясь к деталям рукой, определяют, какая из них горячая или из какой из них исходит запах. Причиной быстрого нагрева является большой ток вследствие замыкания между обмотками, витками или большая нагрузка на двигатель. При включении прослушивают и характер шума ЛПМ. У нормально работающего аппарата шум тихий, равномерный. Если прослушиваются стуки, скрипы, периодические задевания вращающихся деталей (это обычно вызывает плавание звука), то неисправность следует искать в ЛПМ. Нужно внимательно осмотреть, равномерно ли вращаются соответствующие детали, ролики, и в случае их подергивания, проскальзывания и т. п. проверить состояние их поверхности, степень износа и зацепления. Проверить наличие трещин или масла на пасиках, их растяжение, перекручивание и др.

При осмотре монтажа, плат обратить внимание сначала на состояние разъемов, их контактов, особенно неработающего блока. Определить, нет ли искрения в разъемах, а если на контактах питания черный налет, то вполне возможно, что контакт там отсутствует (ранее было искрение). В этом случае разъем вынимают, контакты зачищают, смотрят, нет ли поломок, надежен ли прижим, пинцетом подергивают идущие провода, проверяя, надежна ли пайка и т. п.

После осмотра контактов разъемов переходят к более внимательному осмотру печатной платы. Особое внимание следует обратить на наличие трещин, дырочек и т. п. на пластмассовых корпусах транзисторов микросхем (первые признаки их негодности), проверить, не отломаны ли выводы

у них, все ли элементы на плате. Иногда возможны обозначения элементов на плате, отверстия есть для их выводов, а самих элементов нет. Вначале выяснить по схеме, должны ли они там быть. Возможно, плата подготовлена для другой модификации и их в данном случае не должно быть. Обратить внимание на цвет резисторов, проволочных резисторов. Обугленные заменить, слегка коричневые еще могут работать. Можно проверить наличие контакта у подстроечных резисторов путем легкого нажатия на ползунок или небольшого его перемещения в одну или другую сторону.

При осмотре платы со стороны монтажа можно увидеть, производился ли ранее ремонт. В этом случае по-другому выполнены пайки, обычно не покрыты лаком, таким, как при заводском изготовлении. Следует так же проверить, нет ли прогоревших, оборванных токопроводящих дорожек, нет ли на них очень тонких разрывов, трещин и т. п.

При неработающем выходном усилителе звуковой частоты можно прикоснуться пальцем поочередно к выходным транзисторам. Если они (или один из них) холодные при поданном напряжении питания и сигнале, то, вероятно, неисправны они или их цепи, так как не проходит ток, который в нормальном режиме должен их разогревать. Если транзисторы очень горячие, это тоже свидетельствует о неисправности. Необходимо проверить, надежен ли тепловой контакт с радиатором, особенно если он осуществляется через слюдяную изоляционную прокладку и теплопроводную пасту. Аналогично проверяют и мощный транзистор стабилизатора (если блок питания не работает). Теплые электролитические конденсаторы большой емкости (обычно фильтров) или с темными точками от пробоя также подлежат замене.

При внешнем осмотре возможно и легкое постукивание по плате диэлектрической ручкой отвертки (лучше резиновой палочкой) в случае, если замечено, что пропадает контакт, появляется треск при прикосновении к аппарату и т. п. Например, в режиме «Воспроизведение» при постукивании по плате появляется и исчезает звук, треск и т. д. Контакты и пайки в местах платы, где это проявляется, дополнительно пропаивают. Не рекомендуется стучать по корпусам транзисторов, микросхем, так как их можно вывести из строя.

Метод промежуточных измерений

Этим методом проверяют прохождение сигнала от аппарата к аппарату (например, электропроигрыватель — усилитель — акустическая система), от блока к блоку (усилитель воспроизведения — блок регуляторов — оконечный усилитель) и от каскада к каскаду (выходной каскад — фазоинверсный — предварительный и т. д.) до обнаружения аппарата, блока, каскада и даже детали, через которые сигнал не проходит. Этот метод может успешно применяться в устройствах с последовательным прохождением сигнала от входа к выходу. Например, в УЗЧ сигнал проходит от контактов входных гнезд через коммутатор входов, предварительный усилитель, блок тембров, оконечный усилитель к акустической системе. При работе магнитофона в режиме «Воспроизведение» сигнал проходит от воспроизводящей головки через контакты коммутатора ко входу усилителя воспроизведения, далее через каскады этого усилителя на линейный выход или далее на усилитель звуковой частоты и громкоговоритель.

Для успешного использования этого метода необходимо правильно выбрать параметры сигнала для проверки блока, каскада и источник этого сигнала — генератор. Так, для проверки усилителя звуковой частоты, усилителя магнитофона, громкоговорителей нужен сигнал звуковой частоты синусоидальной (можно и прямоугольной) формы с возможностью

регулировки амплитуды сигнала (для более точных измерений и регулировки величины выходного сопротивления). Для этих целей подойдет практически любой промышленный генератор звуковой частоты, а также выпускаемые различные пробники (возможности их у́же), самодельные генераторы ЗЧ и др. При отсутствии вышеназванных генераторов источником сигнала может служить линейный выход другого магнитофона с фонограммой, выход электропроигрывателя или даже простое прерывистое прикосновение ко входу усилительного каскада пинцетом, отверткой и т. п. Другими словами, сигнал проверки должен входить в полосу пропускания каскада, блока. Так, например, для проверки блока высокой частоты радиоприемника ДВ, СВ, КВ диапазонов на прохождение сигнала нужен уже амплитудно-модулированный сигнал высокой частоты и, соответственно, генератор высокой частоты и т. д. Но все-таки предпочтение следует отдать промышленному генератору, у которого можно в широких пределах регулировать величину выходного напряжения сигнала. Сигнал подают обычно через разделительный конденсатор.

Для проверки работоспособности каскадов звуковой частоты обычно используют сигнал частотой 1 кГц, а величина напряжения этого сигнала примерно равна чувствительности проверяемого блока, каскада. Чувствительность — это величина переменного напряжения сигнала на входе каскада, при котором сигнал на выходе аппарата, блока соответствует указанной величине (если он исправен). Чувствительность обычно указана на электрической принципиальной схеме или в таблице режимов работы активных элементов (транзисторов, микросхем).

Если при проверке ошибочно подан на вход каскада сигнал напряжением, значительно превосходящим чувствительность, то, при исправных каскадах, наступит их перегрузка, а возможно, и выход из строя транзисторов, микросхем. Кроме того, при сильном входном сигнале можно зарегистрировать его на выходе даже в случае, когда проверяемый каскад не работает нормально. Если величина чувствительности каскадов данного аппарата неизвестна, то можно использовать данные со схемы другого аппарата такого же класса. При просмотре принципиальных схем можно увидеть, что самая высокая чувствительность первого каскада усилителя воспроизведения (или универсального усилителя) в режиме «Воспроизведение» и равна около 0,3 мВ. Каждый следующий каскад дает усиление примерно 10 (микросхемы большее), т. е. чувствительность следующих каскадов ниже 3 мВ, 30 мВ и так далее.

При исправных блоках, каскадах поданный сигнал проходит на выход устройства. В качестве индикаторов выходного сигнала могут служить вольтметр переменного тока или осциллограф, подключенные параллельно нагрузке на выходе. При этом вольтметр покажет величину напряжения, а на экране осциллографа появится форма сигнала. Индикатором по звуку могут служить громкоговоритель и телефоны. При проверке нелишне убедиться, что на выходе действительно поданный сигнал. Для этого сигнал на входе каскада отключают и смотрят, пропадает ли он на выходе. Если на выходе он исчезает, значит, прибор регистрирует подаваемый сигнал. Если на входе сигнал отключен, а на выходе вольтметр показывает какое-то напряжение, то это, возможно, самовозбуждение усилительного тракта, его элементов (транзисторов, микросхем), паразитные наводки и т. п. Проверку на прохождение сигнала обычно проводят начиная с выходных каскадов (от выхода к входу). Если же каскадов, блоков в устройстве много, то схему можно разбить на несколько частей и проверять сразу большую часть аппарата. Например, ставим магнитофон в режим «Воспроизведение». При отсутствии воспроизведения можно методом промежуточных измерений проверить сразу часть

схемы со входа блока регуляторов. Для этого сигнал с ГЗЧ подают на вход блока регуляторов, и если все изображенные справа блоки исправны, то сигнал проходит на выход. Затем подают сигнал на вход шумоподавителя и т. д. Если же с блока регуляторов сигнал на выход не проходит, то в нем, предварительном или оконечном усилителе неисправность. Дальнейший поиск можно продолжить, подавая сигнал на вход оконечного усилителя. Напряжение сигнала, конечно, больше, чем в предыдущем случае. Так, подавая сигнал на вход блоков, каскадов, находят неисправную часть схемы, через которую сигнал не проходит. В схемах, содержащих генератор (ГСП, блоки автоматики и др.), проверку на прохождение сигнала начинают от схемы генератора и дальше, куда идет сигнал. При этом может изменяться его амплитуда и частота (в цифровых схемах).

Метод измерения параметров сигнала

Этим методом измеряют параметры сигнала или проверяют его наличие в контрольных точках схемы (обычно на выводах транзисторов, микросхем и входах, выходах плат блоков).

В магнитофонах чаще измеряют величину переменного напряжения сигнала милливольтметром (тип прибора обычно указан в примечании к схеме), а также форму напряжения, например, в ГСП она должна быть симметричная. Проверяют также параметры импульсных сигналов, имеющихся в блоках автоматики на выводах цифровых микросхем. Форму сигналов и параметры импульсных сигналов измеряют осциллографом. Вообще, осциллограф наиболее универсальный прибор, необходимый при ремонте бытовой радиоаппаратуры. Сигнал в контрольных точках схем усилительных каскадов будет только в том случае, когда он подан на вход схемы. Так, в режиме «Воспроизведение» сигнал с ГЗЧ подают на вход первого каскада усилителя воспроизведения или сигнал поступает с соответствующей измерительной ленты. В режиме «Запись» сигнал с ГЗЧ подают на вход записи и устанавливают соответствующий его уровень. Измеряя напряжение сигнала в контрольных точках, мы не только контролируем его наличие, т. е. прохождение от каскада к каскаду, но и определяем величину установочного усиления того или иного каскада.

При отсутствии ГЗЧ и измерительной ленты применять для таких измерений сигнал фонограммы музыкальной программы нецелесообразно, так как показания вольтметра будут непрерывно изменяться, и получить точное значение напряжения сигнала невозможно, правда, в этом случае можно определить наличие сигнала и его прохождение от каскада к каскаду. При измерении параметров генераторных схем (ГСП, генераторов схем автоматики, цифровых индикаторов уровня сигнала и др.) сигнал подавать на схему не надо, так как генератор сам вырабатывает сигнал. Он начинает работать при подаче напряжения питания на схему. Например, при включении режима «Запись» подается питание на схему ГСП, и он должен вырабатывать синусоидальный сигнал симметричной формы определенной величины.

Метод замены

Этот метод позволяет производить замену аппаратов, блоков, плат, отдельных элементов заведомо исправными. Если, к примеру, в стереорадиокомплексе, состоящем из магнитофона-приставки, усилителя звуковой частоты и акустической системы, отсутствует звук, то нужно поочередно заменить каждый аппарат на заведомо исправный (или другим способом

проверить исправность каждого). При отсутствии звука в одном из каналов сигнала можно звуковую колонку из исправного канала поставить в неисправный, если ничего не изменилось, то отсоединить магнитофонную приставку и подать поочередно сигнал на вход обоих каналов (или прикоснуться входных гнезд) усилителя ЗЧ. При появлении сигнала на выходе обоих каналов можно предположить, что неисправен магнитофон-приставка или соединительный шнур и т. д.

Этим методом удобно пользоваться, если блоки, платы магнитофона или другого аппарата соединены между собой с помощью разъемов. К примеру, не записывает левый канал магнитофона, а правый записывает нормально. В этом случае исправный усилитель записи с правого канала нужно поставить на место левого. Если же вся схема находится на одной плате, то при помощи несложных соединений сигнал с левого канала можно подать на правый и наоборот. Так поступают и с деталями. После проверки питающих напряжений их меняют на заведомо исправные. Если и после этого не достигнут положительный результат, то исправные блоки, детали оставляют и продолжают дальнейший поиск неисправности.

Метод сравнения

Этот метод позволяет сравнивать режимы работы активных элементов, параметры сигналов исправного и неисправного блоков, каскада до обнаружения отличий.

Это один из основных методов отыскания неисправностей в тех случаях, когда нет никакой документации на аппарат, но есть второй такой же аппарат, работающий нормально. Можно сравнивать работу аналогичных блоков в самом аппарате. Если, например, в стереоусилителе мощности звуковой частоты не работает или плохо работает один из каналов, то можно проверять режимы, параметры сигнала параллельно в обоих каналах.

Измерение режимов

Вышеназванные методы применяются в основном для отыскания неисправного блока, узла, а затем каскада. Для отыскания неисправности в каскаде чаще производят *измерения режимов работы* транзистора, микросхемы по постоянному и переменному току.

Режим работы по постоянному току — это величины постоянных составляющих токов, протекающих через выводы транзисторов, микросхем, и постоянные составляющие напряжений, действующих между выводами.

Режим работы по переменному току — это величины переменных составляющих токов и напряжений, действующих в схеме при наличии сигнала на входе данного каскада.

Режимы работы зависят от величины напряжения питания, уровня сигнала, параметров элементов, входящих в каскад, их исправности. На практике удобнее измерять напряжение, чем ток, так как это не требует отсоединения выводов элементов схемы для включения амперметров в измерительную цепь. Режимы работы активных элементов, а также условия, при которых они измерялись (наличие сигнала на входе, его величина, частота), приводятся в таблицах напряжений, контрольных картах или непосредственно на принципиальной схеме аппарата, плат рядом с соответствующими выводами. При этом указывается также, каким измери-

тельным прибором пользовались как для измерения постоянных, так и переменных напряжений. Входное сопротивление вольтметра влияет на результат, поэтому измерения лучше производить электронными вольтметрами с большим входным сопротивлением. Режимы могут быть приведены как при записи, так и при воспроизведении. Величины напряжений на выходах транзисторов и МС чаще всего указываются относительно общего вывода. Если отклонения от указанных на схеме или приведенных в таблице напряжений не превышают 10...20 %, то это не свидетельствует

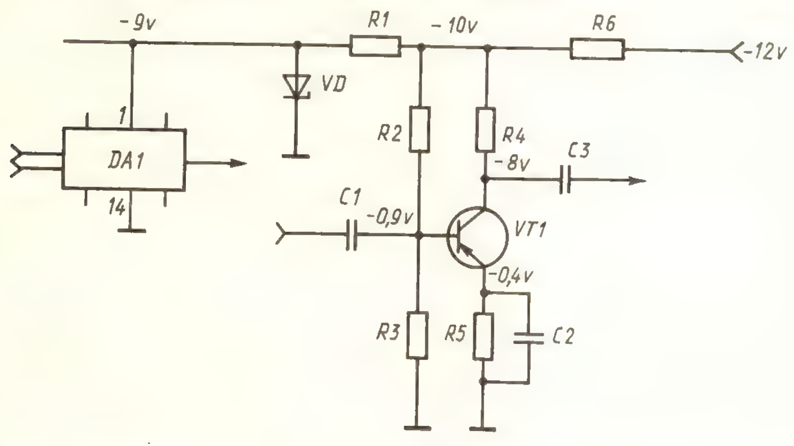


Рис. 4.10. Транзисторный усилительный каскад

о наличии неисправности. В противном случае производят анализ причин отклонения режима, проверку цепей, обеспечивающих питание, проверку элементов каскада.

Значительное отклонение режима питания активных элементов может вызывать их нагрев и перегорание из-за больших протекающих токов. Чрезмерный рост тока через транзистор может быть вызван и слишком большим входным сигналом. Кроме того, транзисторы и МС могут перегореть из-за кратковременных выбросов напряжения питания, часто в момент включения. Это может привести к резкому увеличению тока в цепи, что приводит к дальнейшему перегреву или сгоранию прилегающих резисторов, других транзисторов, предохранителей и др. Если при перегорании активных элементов происходит обрыв внутри их, то ток не проходит вообще, и связанные с ними элементы будут холодными. Во всех случаях при перегорании радиоэлементов или значительном отклонении режима их работы необходимо выяснить и устранить причину, вызвавшую отказ. К примеру, рассмотрим участок схемы с классическим каскадом на транзисторе и проанализируем возможные отклонения режима и их причины (рис. 4.10). Напряжения на выводах активных элементов и контрольных точках измеряют относительно общего провода (корпуса), и если в схеме двухполярное питание, то полярность напряжения на выводах может быть как положительной, так и отрицательной относительно общего провода. Например, при измерении напряжения на коллекторе *VT1* (рис. 4.10) его величина равна напряжению источника питания — 12 В, а не 8 В. Это говорит о том, что цепь между коллектором, *R4, R6* и «—» источника исправна, но по ней не проходит ток коллектора транзистора и нет падения напряжения на *R4* и *R6*. Ток коллектора проходит по цепи: корпус (+),

R5, эмиттер-коллектор транзистора, *R4, R6* и «—» источника. Значит, в цепи между корпусом и коллектором обрыв (или заперт транзистор). После проверки элементов, создающих напряжение смещения *R2, R3, R5*, и контактов нужно проверить (заменить) транзистор *VT*.

Допустим, что напряжение на коллекторе *VT* отсутствует. Это говорит о возможном обрыве в цепи коллектора *R4, R6*, «—» источника (при нормальном напряжении питания) или о замыкании в цепи коллектор-корпус, а также о возможном пробое С3. Из этого можно сделать вывод:

1) если напряжение в контрольных точках максимально и равно приложенному (или напряжению источника питания), то в цепи не проходит ток из-за обрыва монтажа, элементов, их перегорания и т. д.;

2) если же напряжение равно нулю или значительно ниже нормы, то это свидетельствует о замыкании или резком уменьшении сопротивления этого участка относительно корпуса или из-за пробоя, утечки параллельно включенных цепей (конденсаторов, транзисторов, замыкания проводов и др.).

Аналогичные рассуждения можно применить и к другим схемам или каскадам на микросхемах. Так, если напряжение на выводе *1 DA1* равно нулю, то его замеряют после *R6*, и если оно равно 10 В, то возможны перегорание, обрыв *R1* или пробой стабилитрона *VD*. При значительно заниженном напряжении на выводе *1* проверяют стабилитрон *VD* и наличие замыкания внутри ИС *DA1* (быстро нагревается), большой утечки в схеме, параллельной *DA1* (для этого провод питания, идущий влево от *DA1*, можно отсоединить). Таким образом, после измерения режима и анализа возможного отклонения находят неисправность в каскаде.

Зависимость режимов в каскадах с непосредственной связью и обратными связями по постоянному току более сложная и рассмотрена ниже (рис. 4.13).

Регулировка режимов

Изменение режима питания схемы может создать не только аварийную ситуацию в ней, но и значительное ухудшение качества работы (ухудшение усиления, увеличение искажений сигнала, уровня шумов и др.).

В каскаде на транзисторах более точно должно быть установлено напряжение смещения эмиттер-база ($U_{э\text{-}б}$), чем напряжение на коллекторе ($U_к$). Хотя $U_{б\text{-}э}$ относительно небольшое по величине (десятые доли вольта у германиевых и примерно от 0,5 В до единиц у кремниевых), но оно значительно сильнее влияет на токи транзистора, чем напряжение на коллекторе, хотя оно значительно выше (от единиц до десятков вольт). Изменение $U_{б\text{-}э}$ на десятые доли вольта приводит к большему изменению $I_б$ и $I_к$, чем изменение $U_к$ на несколько вольт. Влияние изменения $U_{б\text{-}э}$ на изменение тока $I_б$ (и соответственно $I_к$) при одинаковом входном сигнале $U_{вх}$ показано на рис. 4.11. На рис. 4.11, *а* видны незначительные изменения тока базы при воздействии сигнала $U_{вх}$ и небольшая амплитуда тока базы $I_б$. На рис. 4.11, *б* напряжение смещения $U_{б\text{-}э}$ больше предыдущего, а при одинаковом значении входного сигнала $U_{вх}$ амплитуда тока базы значительно больше (большее усиление каскада) предыдущего. На рис. 4.11, *в* напряжение смещения $U_{б\text{-}э}$ имеет такое значение, что рабочая точка *А* попадает в нелинейный участок характеристики транзистора и при одинаковом значении входного сигнала $U_{вх}$ ток базы $I_б$ (и соответственно ток коллектора и выходной сигнал) имеет значительные нелинейные искажения. На рис. 4.11, *г* показано, к чему приводит изменение

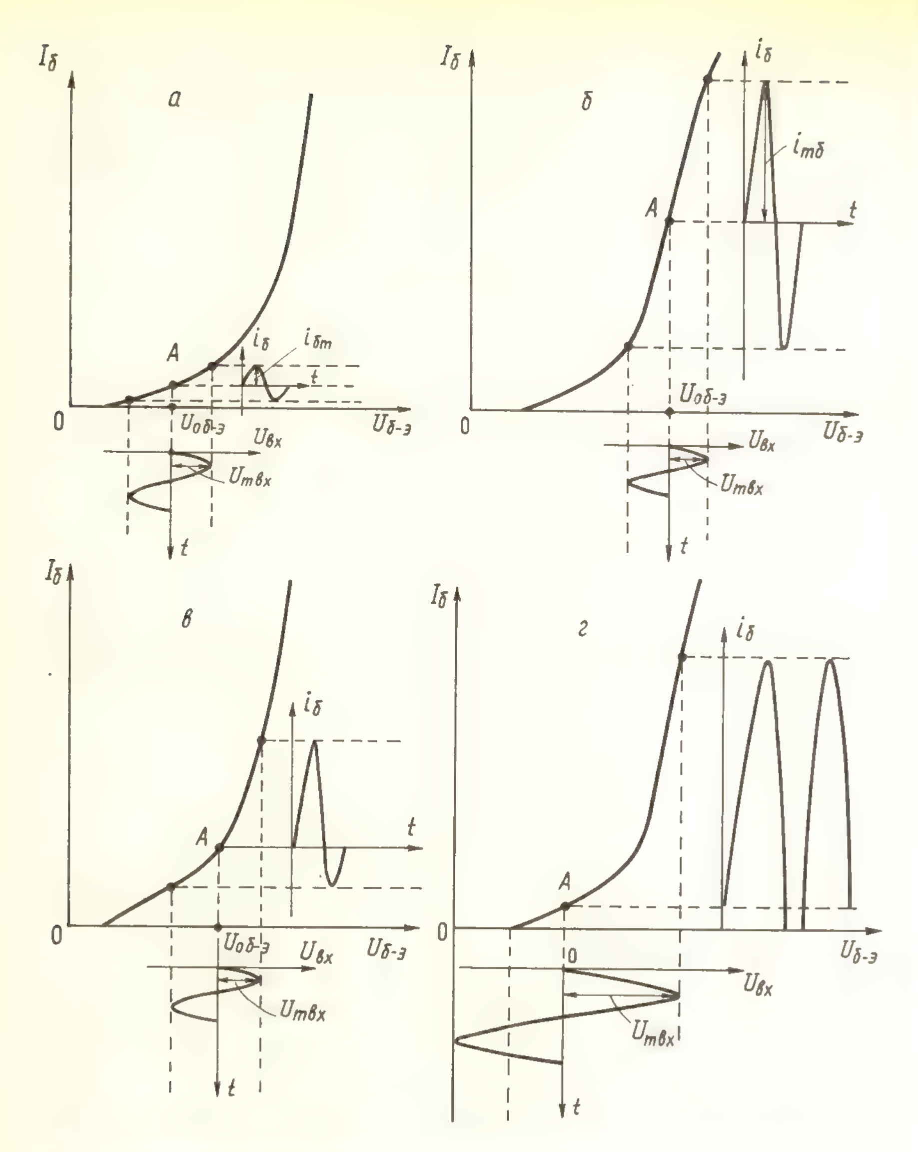


Рис. 4.11. Влияние режима работы транзистора на величину и форму тока базы

режима по переменному току (увеличение уровня входного сигнала $U_{вх}$). Ток базы имеет большое значение: возникает ограничение одного из полупериодов сигнала (очень большие нелинейные искажения).

На режим работы транзистора, микросхемы влияют величины всех питающих напряжений и электрических параметров элементов, составляющих схему.

Регулировать режим работы следует тем резистором, который меньше других влияет на выходные параметры каскада, устойчивость его

работы. В некоторых схемах для этой цели специально устанавливаются подстроечные резисторы.

Нецелесообразно в усилительных каскадах регулировать режим работы резистором, включенным в цепь коллектора, т. к. это приводит к изменению коэффициента усиления каскада и полосы частот. Нецелесообразно регулировать режим изменения величины резистора, включенного в цепь эмиттера транзистора, т. к. это влияет на качество температурной стабилизации режима. Лучше режим регулировать резисторами, вклю-

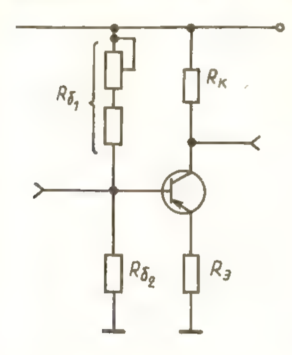


Рис. 4.12. Регулировка режима в транзисторном каскаде

ченными в цепь базы (рис. 4.12). Но в качестве регулирующего выбирают резистор, который имеет большую величину (обычно $R_{б1}$). Чтобы не вывести из строя транзистор, лучше $R_{б1}$ заменить двумя (постоянным и подстроечным), а после регулировки измерить общую величину сопротивления этих резисторов и установить постоянный. Если при нормальных напряжениях невозможно установить режим работы транзистора или микросхемы, то последние заменяют. Следует иметь в виду, что, измеряя режимы работы транзисторов, необходимо соблюдать осторожность, исключая возможность даже кратковременных замыканий электродов, особенно выводов базы и коллектора.

Вывести из строя транзистор может и обычный ампервольтомметр, если он переключен в режим для измерения малых сопротивлений, что ведет к недопустимо большому току, протекающему через транзистор.

Если возникает необходимость регулировать режим нескольких каскадов, то начинают с каскадов, потребляющих больший ток, т. е. более мощных, так как режим их работы может существенно повлиять на напряжение источника питания. В каскадах с непосредственной связью (без разделительных конденсаторов) изменение режима работы одного каскада приводит к изменению режимов других каскадов, что необходимо учитывать при регулировке. Обычно в таких случаях устанавливаются подстроечные резисторы для регулировки режимов всей цепи.

Регулировка режимов в каскадах с непосредственной связью

Усилители с непосредственной связью обладают сравнительно широким диапазоном рабочих частот, малыми нелинейными искажениями, стабильностью параметров при замене транзисторов, изменениях напряжения питания и температуры окружающей среды. Эта стабильность достигается за счет сильной отрицательной обратной связи (ООС) по постоянному току, подаваемой с выхода усилителя на первый каскад

или охватывающей два-три каскада. Так, на рис. 4.13, *а* используются две цепи ООС. Напряжение на резисторе *R6*, зависящее от тока эмиттера транзистора *VT2*, подается в цепь базы транзистора *VT1*.

От тока, протекающего через транзистор *VT2*, зависит напряжение на его коллекторе. С увеличением тока коллектора напряжение на коллекторе уменьшится, так как возрастет падение напряжения на *R5*.

В свою очередь, от величины напряжения на коллекторе *VT2* зависит напряжение на эмиттере транзистора *VT1*. В такой схеме режим тран-

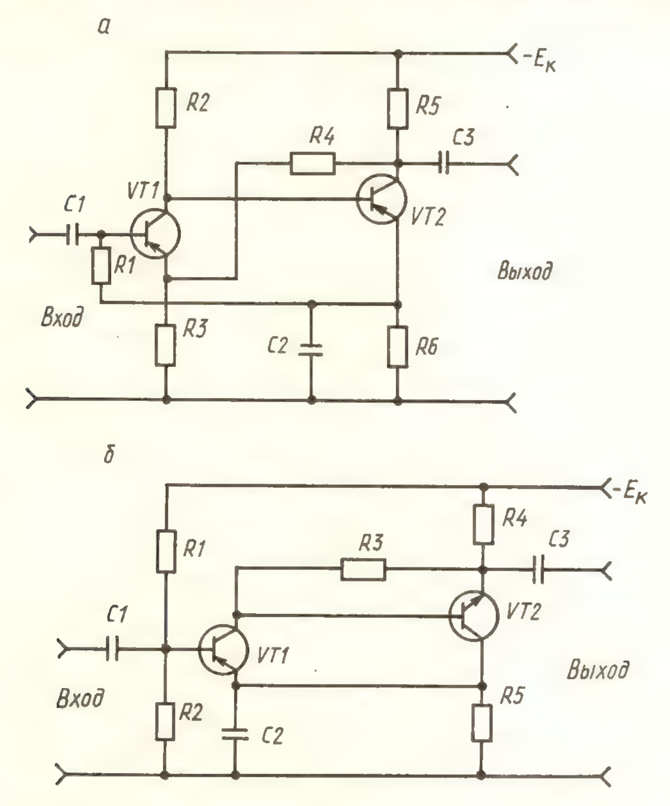


Рис. 4.13. Схемы каскадов с непосредственной связью

зистора *VT1* зависит от режима *VT2* и наоборот. В этих усилительных каскадах режим работы устанавливается подбором сопротивления резистора *R6* или *R2*. Регулировку режима предпочтительнее осуществлять при помощи резистора *R6*, так как он зашунтирован конденсатором *C2*, который устраняет обратную связь по переменному току и на параметры сигнала это окажет меньшее воздействие, чем изменение *R2*. Резистор *R3* не зашунтирован конденсатором и в усилительных каскадах действует ООС по переменному току, уменьшающая искажения.

На рис. 4.13, *б* напряжение обратной связи, зависящее от тока транзистора *VT2*, с резистора *R5* подается в цепь эмиттера транзистора *VT1*. В таком усилителе режим работы лучше регулировать подбором резистора *R1*.

Режим транзисторов в выходных бестрансформаторных каскадах усилителей мощности устанавливают, изменяя сопротивление резистора, включенного между базами выходных, предвыходных транзисторов или транзисторов фазоинверсного каскада (рис. 4.14) в зависимости от схемы усилителя.

Для регулировки режима в схемах усилителей мощности с непосредственной связью между каскадами во входном каскаде размещаются подстроечные резисторы, устанавливающие его рабочую точку, а в выходном — ток покоя выходных транзисторов.

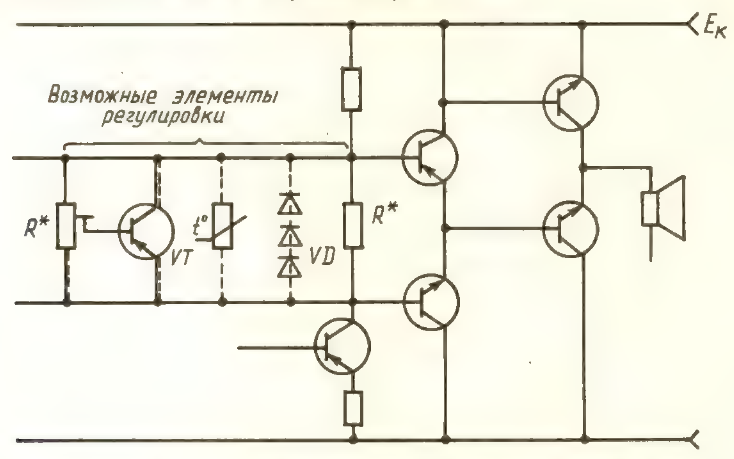


Рис. 4.14. Регулировка режима в выходных бестрансформаторных каскадах

Для стабилизации режима методом термокомпенсации между базами транзисторов включается элемент с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (термистор или полупроводниковый диод в прямом включении).

4.3. НЕИСПРАВНОСТИ МАГНИТОФОНОВ, ИХ ОБНАРУЖЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ

Общие указания по ремонту

Только хорошее знание принципов магнитной записи, построения схем магнитофонов, работы лентопротяжного механизма и методов отыскания неисправностей обеспечит успех ремонта.

Перед тем как приступить к ремонту, надо ознакомиться с органами управления и конструкцией аппарата, изучить особенности его кинематической и принципиальной электрической схем, чтобы проверка и ремонт аппарата производились в определенной, продуманной последовательности.

При ремонте магнитофонов в первую очередь выполняются работы по устранению неисправностей ЛПМ, органов его управления. Только при нормальной работе ЛПМ можно проверить и проконтролировать качество работы электронной части в разных режимах работы.

Прежде чем установить ленту на магнитофон, надо тщательно осмотреть тракт протягивания ленты, очистить от загрязнений и ферромагнитной пыли его направляющие, магнитные головки, поверхности обрезиненного ролика и ведущего вала и другие детали. Лента также не должна иметь механических дефектов, легко сматываться с катушки.

Особенно тщательно осмотреть кассету с лентой. Корпус ее не должен иметь трещин, перекосов, изломов. Прижим ленты к головке должен обеспечивать ее плотное прилегание. Лента должна легко перематываться с одного ролика на другой без сильного трения и заедания как с подающей, так и с приемной катушек. Проверить это можно, перематывая ленту с одного ролика на другой.

Перед ремонтом электронной части магнитофона необходимо убедиться в нормальной работе ЛПМ и органов его управления. Лента должна проходить плавно, без рывков по рабочим поверхностям головки, иметь необходимый прижим и угол обхвата, идти точно по направляющим, не соскальзывая с них, без образования петель и т. п. Когда для ремонта магнитофона необходима его разборка, то надо ознакомиться с порядком ее проведения. Обычно для этого надо снять ручки органов управления, затем отвинтить винты, крепящие нижнюю крышку футляра, и снять ее, потом снять верхнюю декоративную панель, отвинтить элементы, крепящие шасси к футляру, и вынуть его.

При снятии декоративной панели и шасси надо быть внимательным, чтобы не отвинтить детали ЛПМ, крепящиеся на шасси или на корпусе. Точный порядок разборки магнитофона приводится в инструкции по ремонту или в справочной литературе.

После ремонта магнитофона обычно производится проверка основных технических характеристик и, при необходимости, дополнительная подстройка.

При выполнении ремонтных и регулировочных работ с аппаратом, включенным в сеть, следует строго выполнять правила техники безопасности.

Техника безопасности при ремонте и регулировке бытовых аппаратов магнитной записи (БАМЗ)

Правильная организация труда и рабочего места, выполнение основных требований техники безопасности и промышленной санитарии способствуют созданию безопасных условий труда.

Запрещается ремонтировать аппараты, включенные в электросеть, в сырых помещениях, имеющих земляные, цементные или иные токопроводящие полы. При ремонте приборы, аппараты не должны заземляться, а заземленные конструкции, находящиеся в помещении (батареи отопления, водопроводные трубы и т. п.), должны быть надежно защищены диэлектрическими щитами или решетками, чтобы полностью исключить возможное, даже случайное, прикосновение к ним. В соответствии с этим надо правильно выбирать и рабочее место (стол) в домашних условиях.

Для обеспечения безопасных условий работы необходимо поддерживать рабочее место в чистоте и порядке, обеспечить достаточную освещенность и вентиляцию. На рабочем месте должны быть только необходимые приборы и инструменты с изолированными ручками. Шнуры сетевого питания приборов, электропаяльника, аппарата, а также соединительные провода не должны иметь повреждения изоляции. В противном случае их необходимо заменить.

При пайке рекомендуется использовать электропаяльник, рабочее напряжение которого не более 36 В. Применение электропаяльников с рабочим напряжением 127 и 220 В более опасно из-за возможного пробоя изоляции между спиралью и сердечником. Так как при пайке выделяются вредные для здоровья пары, то необходимо обеспечить вытяжную вентиляцию. Подставка для паяльника изготовляется из термостойкого материала и устанавливается так, чтобы исключить возгорание или плавление окружающих предметов.

При работе с легковоспламеняющимися веществами (спирт, ацетон и др.) следует быть внимательным и исключить появление вблизи открытого огня (сигареты), искрения и т. п. На посуду с этими веществами следует наклеить бумажку с их названием, плотно ее закупоривать, не допускать проливания.

Рабочее место должно быть оснащено легкодоступным отключающим устройством от напряжения питания.

Работать необходимо в одежде с домашними рукавами и без металлических браслетов. По возможности работы необходимо выполнять при отключении от сети аппарата.

В тех случаях, когда это невозможно, т. е. аппарат остается подключенным к напряжению питания (при измерении режимов, нахождении плохих контактов и др. работах), надо быть особенно внимательным во избежание прикосновения к токонесущим частям и деталям аппарата. Следует помнить, что не допускается расположение одновременно двух и более аппаратов, находящихся под напряжением. Работать следует одной рукой, а другой не держать теплопроводящие детали. Категорически запрещается пайка монтажа аппарата, находящегося под напряжением. Следует помнить, что степень поражения током зависит от состояния организма человека. Так, опасность значительно возрастает, если человек находится в нетрезвом состоянии, имеет заболевания сердца и нервной системы, просто расстроен и устал или поражение током наступило неожиданно.

После отключения аппарата от напряжения питания не следует сразу приступать к работе с монтажом, так как еще остаются заряженные электрические конденсаторы фильтров питания. Их надо разрядить специальным разрядником или, в крайней случае, толстым проводом с хорошей изоляцией.

При ремонте никогда не оставляйте без присмотра включенные приборы, аппарат (особенно разобранный).

Неисправности лентопротяжного механизма магнитофона

Для проверки работоспособности ЛПМ магнитофона его необходимо заправить магнитной лентой (или кассетой), не имеющей механических дефектов. Особенно тщательно проверить качество кассеты. Включив магнитофон, проверить движение ленты в режимах пуска, перемотки вперед и назад, в режиме «Стоп» и переход из этого режима в другие и обратно; в режиме пуска проверить действие кнопки временной остановки ленты (если такая имеется).

При проверке обратить внимание на то, как лента проходит по рабочим поверхностям головок, как прилегает к ним, как движется по направляющим колонкам и равномерно ли натяжение ленты по всей ее поверхности, не деформируются ли края ленты, плотно ли наматывается лента на приемную катушку или ролик кассеты, не царапается ли рабочая по-

верхность ленты. Обратить также внимание на движение вращающихся деталей. Оно должно быть равномерным, без подергиваний. При переключении в разные режимы работы проверить плавность торможения ленты, образуются ли петли при торможении, какое качество намотки ленты, нет ли резких рывков ленты. В кассетном магнитофоне обратить внимание на то, как входят в контакт с лентой головки, направляющие и прижимной ролик в момент пуска в режимах «Воспроизведение» и «Запись», не задевают ли они корпус кассеты; не вызывает ли это изменение положения кассеты или ее даже незначительной деформации. Недопустимо, чтобы в момент пуска эти детали упирались в корпус кассеты или для пуска надо прикладывать значительное усилие, неоднократно повторить процесс пуска. При проверке работы ЛПМ в разных режимах работы обратить внимание также на шум работы механизма. Он должен быть тихим, равномерным, без стуков, скрипов и т. п. Такая проверка общей работоспособности ЛМП поможет ориентировочно определить характер неисправности и примерно ее место в магнитофоне. При обнаружении какого-либо отклонения от нормальной работы лучше отключить магнитофон от сети, вынуть шасси из корпуса или снять декоративную панель и нижнюю крышку, чтобы наглядно видеть работу механизма. При этом легче разобраться в специфике механики данного магнитофона, взаимодействии отдельных узлов в разных режимах работы, лучше будут видны причины отклонения от нормальной работы, изношенные детали, растянутые пассики и т. п. Как правило, при работе открытого механизма значительно легче определить место неисправности или выделить ее причины. Если трудно разобраться, как должна работать механика, обратитесь к справочной литературе, заводским инструкциям по ремонту.

Возможно, и при работающем электродвигателе не работает ЛПМ. Тогда надо внимательно проверить привод от двигателя к маховику ведущего вала. Не оборвался ли или сильно растянулся приводной пассик, не проскальзывает ли насадка на оси двигателя или пассик вследствие попадания масла. Затем, отключив магнитофон, проверить все вращающиеся детали, покрутив их рукой. Они должны вращаться легко, без задержки, люфтов и биений. Если для вращения ведущего вала надо прикладывать значительное усилие или вращение сопровождается шумом, то узел надо разобрать, тщательно промыть бензином и смазать рекомендованным для данного узла маслом. Если при вращении маховика рукой возникают стуки, ощутимый люфт вала, то изношенные детали или узел надо заменить. Ось ведущего вала должна быть чистой и полированной, не должна иметь выработки в месте прохождения ленты. Прижимной обрезиненный ролик также должен вращаться легко, в противном случае узел промыть и смазать, поверхность его должна быть чистая, ровная, без значительного износа и деформации. Другие ролики ЛПМ также должны быть чистыми, легко, без шума вращаться на своих осях, не иметь значительного люфта и деформации. Ролики, имеющие значительную деформацию и износ, трещины на резиновом кольце, подлежат замене. При этом их поверхность тщательно протирают спиртом, а оси и подшипники смазывают рекомендованным маслом.

При осмотре обратить внимание на крепление деталей и узлов ЛПМ механизма, состояние различных тяг и пружин. Оси ведущего вала, приемного и подающего узлов, прижимного ролика должны быть строго перпендикулярны панели ЛПМ.

Если при включении магнитофона в соответствующий режим работы двигатель не вращается, то необходимо проверить, поступает ли к нему питающее напряжение и соответствует ли оно указанной в схеме величине. При отсутствии питающего напряжения проверить цепи, через которые

подводится напряжение питания. В кассетных магнитофонах питанием от автономных источников или при универсальном питании используют различные схемы электронных стабилизаторов скорости вращения двигателя. В этом случае при отсутствии напряжения на двигателе надо проверить, поступает ли напряжение на схему электронного стабилизатора, и при его наличии проверить схему самого стабилизатора и устранить неисправность. Если же двигатель не вращается и при нормальном питании, то причина может быть в неисправности резистора и конденсатора фазосдвигающей цепи двигателя переменного тока или самого двигателя, а возможно, и в заклинивании в подшипниках вала ротора. В этом случае надо промыть и смазать подшипники или заменить их. В остальных случаях электродвигатель заменяют или ремонтируют его. В случае быстрого и сильного перегревания электродвигателя, при включении напряжения питания он также подлежит замене или ремонту.

Периодическое изменение скорости движения ленты с частотой 10 Гц от номинального значения сопровождается «плаванием» звука, а при частоте выше 10 Гц может восприниматься как хриплость звучания и т. п.

Причинами отклонения скорости вращения магнитной ленты от номинальной в режимах «Запись» и «Воспроизведение» могут быть:

1. Не отрегулирован стабилизатор скорости вращения двигателя или наличие неисправности в схеме стабилизатора. Для устранения неисправности проверьте возможность регулирования скорости вращения двигателя подстроечным резистором платы стабилизатора и установите номинальную скорость, в противном случае проверьте схему стабилизатора или замените ее заведомо исправной.

2. Напряжение питания электродвигателя отличается от номинального. Для устранения неисправности проверьте величину напряжения, приложенного к электродвигателю и цепи подачи этого напряжения.

3. Недостаточный прижим ленты обрезиненными роликами к оси ведущего вала. Для устранения неисправности отрегулируйте усилие прижима пружиной (а возможно, и замените пружину).

4. Нарушение свободного вращения прижимного ролика или ведущего вала.

Для устранения неисправности проверьте вращение рукой вышеназванных узлов, и если они проворачиваются с трудом или с заеданиями, то необходимо произвести чистку и смазку этих узлов.

5. Попадание масла на поверхности прижимного ролика или ведущего вала (осмотрите поверхности ролика и вала и при необходимости протрите ватным тампоном, смоченным в спирте).

6. Недостаточное напряжение приводного пассика ведущего вала, проскальзывание пассика вследствие его растяжения или попадания масла. Для устранения неисправности отрегулировать натяжение пассика, протереть его и поверхность маховика ведущего вала ватным тампоном, смоченным в спирте, растянутый пассик заменить.

7. Чрезмерно велико усилие подмотки при несколько недостаточном прижиме ленты к ведущему валу вследствие износа поверхности ролика или оси ведущего вала. Для восстановления нормальной работы осмотрите поверхность ролика и вала, изношенные детали замените и отрегулируйте усилие намотки.

8. Заедание в подающем или приемном узлах, не полностью растормаживаются подкассетники этих узлов. Для устранения неисправности проверьте состояние приемного и подающего узлов и при необходимости снимите, промойте спиртом и смажьте эти узлы, отрегулируйте равномерность зазора при растормаживании, а возможно, и замените пружину тормозной планки.

9. Заедание ленты в кассете — проверить, свободно ли вращаются передающий и приемный ролики с лентой; если туго, то заменить кассету или отремонтировать ее.

Повышенную детонацию в магнитофоне могут вызвать аналогичные причины, вызывающие отклонение скорости. Кроме того, коэффициент детонации зависит от точности изготовления деталей, ЛПМ и самого механизма в целом. Так, повышенную детонацию вызывают биение вращающихся деталей лентопротяжного механизма, узла ведущего вала, прижимного, направляющего и промежуточного роликов; повышенный люфт вращающихся деталей; деформация поверхности обрезиненных роликов (прижимного, промежуточного и т. д.), оставленных на длительное время прижатыми в одном месте (например, при выключенном магнитофоне включен режим «Воспроизведение»). С течением времени коэффициент детонации увеличится от загрязнения поверхности и износа (особенно неравномерного) вращающихся деталей; оси ведущего вала и прижимного ролика, деталей узла намотки и торможения. Такие детали выявляются тщательным внешним осмотром и при обнаружении подлежат замене.

В случае недостаточно плотной (рыхлой) подмотки ленты в режимах «Запись» и «Воспроизведение» или образования петли ленты при включении в этих режимах причиной является неисправность механизма подмотки приемного узла магнитофона: это растяжение пассика, осуществляющего подмотку; недостаточное усилие подмотки из-за износа функционных элементов или их загрязнения, попадания масла на них; недостаточное усилие прижима диска муфты скольжения и правой бабины; недостаточный прижим ролика подмотки к подкассетнику или проскальзывание его и т. д., в зависимости от конструкции механизма подмотки данного магнитофона.

Определение неисправности из-за подмотки производится внимательным внешним осмотром его, а затем устранением обнаруженных дефектов. Растянутые пассики, изношенные фрикционные элементы заменяются новыми, а если они загрязнены, то промываются бензином, просушиваются и устанавливаются на прежнее место. Отрегулировать усилие прижима диска муфты скольжения или ролика подмотки.

Причинами неудовлетворительных перемоток вперед и назад при их отсутствии могут быть: растяжение пассика перемотки или попадание масла на него; неудовлетворительное сцепление во фрикционных парах, участвующих в перемотке (увеличить усилие прижима); изношенность или замасленность резиновых поверхностей дисков перемотки (диски заменить или промыть).

Могут быть и другие причины в зависимости от устройства механизма перемотки. Практически все эти неисправности также можно обнаружить при внимательном внешнем осмотре работающего механизма магнитофона.

После ремонта ЛПМ производится проверка его основных параметров: скорости движения магнитной ленты, коэффициента детонации, времени перемотки вперед и назад.

4.4. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МАГНИТОФОНОВ

Общие сведения

Проверку и ремонт электрической части магнитофона производят после ремонта и регулировки лентопротяжного механизма. Все неисправ-

ности, возникающие в электрической схеме магнитофона, можно разделить на неисправности режима «Воспроизведение» и неисправности режима «Запись». Поиск неисправностей обычно начинают с проверки режимов питания, т. е. наличия питающих напряжений и их величины. Для электрических принципиальных схем магнитофонов необходимы постоянные, чаще стабилизированные напряжения питания. Источниками постоянных напряжений могут быть гальванические элементы, аккумуляторы и выпрямительные устройства, преобразующие переменное напряжение сети в постоянное. Катушечные магнитофоны, стационарные кассетные магнитофоны-приставки питаются от сети переменного тока. У переносных кассетных магнитофонов и магнитол имеется возможность применять комбинированное питание: от сети, через встроенный или выносной блок питания и от гальванических элементов. Источником питания автомобильных магнитофонов и магнитол служит аккумулятор автомобиля, а для использования за пределами автомобиля можно применять сетевой блок питания, вырабатывающий необходимое постоянное напряжение (обычно 12 В).

Нормальная работа электрической схемы возможна только при исправном блоке питания магнитофона.

Неисправности блока питания

Питание от гальванических элементов

Напряжение батарей гальванических элементов проверяют под нагрузкой, т. е. при включенном магнитофоне. Отклонение напряжения от номинального должно быть не более 10 %. Если при включении магнитофона напряжение батареи значительно уменьшается, то это свидетельствует либо о разряженной батарее, либо о наличии большой утечки тока (возможно, и короткого замыкания) в схеме магнитофона.

Чтобы точнее установить причину, можно измерить потребляемый ток магнитофоном. Для этого надо магнитофон подключить к батарее через миллиамперметр постоянного тока (рис. 4.15). Величина потребляемого тока зависит от типа магнитофона и приводится в справочных данных, инструкции по ремонту и т. п. Если этот ток неизвестен, то его можно ориентировочно определить, зная потребленную мощность P (Вт) магнитофона и величину напряжения U (В). $I_{потр} = P/U$ (А).

Если потребляемый ток значительно больше номинального, то это свидетельствует о наличии большой утечки тока в схеме магнитофона. Нужно отыскать и устранить неисправность схемы.

Причинами завышенного значения потребляемого тока могут быть:

— замыкание на корпус двигателя силовой или тахогенераторной обмотки его. В этом случае двигатель заменяют новым;

— пробой транзисторов схемы питания двигателя. Для устранения неисправности транзисторы заменяют;

— большая утечка тока в электролитических конденсаторах фильтра блока питания или схемы (неисправные конденсаторы заменить);

— пробой транзисторов схемы магнитофона (неисправный транзистор заменить).

Если потребляемый ток окажется меньше номинального и после включения продолжает уменьшаться (как уменьшается и напряжение на батарее), то это значит, что батарея разряжена. Даже если без нагрузки ее напряжение равно номинальному.

Степень разряженности батареи можно определить, подключив параллельно на 2...3 с амперметр постоянного тока с пределом измерения не

менее 5 А. Он покажет ток короткого замыкания, который у годной неразряженной батареи типа КБС равен примерно 4 А. У любого другого нового гальванического элемента можно определить экспериментально. Если при подключении амперметра ток значительно ниже и быстро убывает с течением времени, то батарея разряжена.

Имеется ли короткое замыкание в схеме или большая утечка, можно определить омметром, подключенным к клеммам подачи напряжения питания (рис. 4.16) (батарею отключить). Магнитофон включить в режим «Воспроизведение». Величина сопротивления относительно клеммы питания составляет не менее нескольких десятков Ом. Определить ее можно по закону Ома.

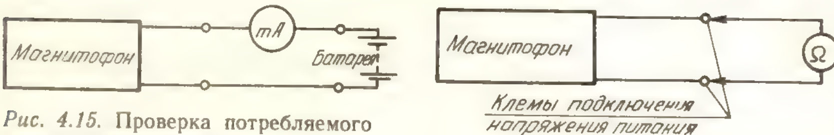


Рис. 4.15. Проверка потребляемого тока магнитофоном

Рис. 4.16. Проверка наличия короткого замыкания в магнитофоне относительно источника питания

Признаком разряженной батареи магнитофона является и значительное, заметное на слух уменьшение скорости движения ленты в режиме «Воспроизведение», уменьшение громкости звучания фонограммы, уменьшение скорости перемотки, появление значительных искажений звука при большой громкости. При наличии признаков, прежде чем заменить батарею, необходимо проверить состояние поверхностей контактов, к которым подключается батарея, и поверхность самой батареи. Они должны быть чистыми, не окислены, без ржавчины и загрязнений. При установке новой батареи контакты надо хорошо очистить. Для очистки контактов от окисления электролитом можно использовать дистиллированную воду (10 частей) с уксусной эссенцией (одна часть).

Параметры гальванических элементов приведены в таблицах 4.8...4.12, аккумуляторов — в табл. 4.13.

Таблица 4.8. **Электрические параметры сухих марганцово-цинковых цилиндрических элементов с солевым электролитом**

Обозначение элемента	Напряжение, В, не менее (при +20...+60 °С)		Габаритные размеры ($D \times H$), мм	Масса, г	Гарантийный срок сохраняемости, мес.
	свежеизготовленного элемента	в конце срока сохраняемости			
286	1,48	1,33	10,5×44,5	10	6
314	1,52	1,37	14,5×38,0	15	6
316	1,52	1,29	14,5×50,5	20	9
316 «Уран»	1,52	1,29	14,5×50,5	20	9
332	1,40	1,26	21,5×37,3	30	6
336	1,40	1,26	21,5×60,0	45	6
343	1,50	1,20	26,2×50,0	50	18
373	1,55	1,24	34,2×61,5	115	18
374	1,55	1,24	34,2×75,0	130	18
376	1,55	1,24	34,2×91,0	165	18
425	1,48	1,18	40,0×100,0	235	15
465	1,50	1,20	51,0×125,0	502	18

Таблица 4.9. **Электрические параметры ртутно-цинковых элементов и батарей (при +20 °С)**

Обозначение элемента или батареи	Напряжение, В, не менее		Номинальная емкость, А·ч	Разрядный ток, мА	Продолжительность работы, ч	Габаритные размеры ($D\times H$), мм	Масса, г	Срок сохраняемости, мес.
	начальное	конечное						
РЦ-11	1,25	1,0	0,02	0,15	—	4,7×5,0	0,5	6
РЦ-13	1,25	1,0	0,02	0,15	—	6,0×3,5	0,45	6
РЦ-15	1,25	1,0	0,04	0,3	—	6,3×6	0,85	6
РЦ-31	1,25	1,0	0,07	1,0	—	11,5×3,6	1,3	12
РЦ-32	1,25	1,0	0,05	2,0	—	11×3,5	1,3	6
РЦ-53	1,25	1,0	0,25	10	24	15,6×6,3	4,6	18
РЦ-55	1,25	1,0	0,5	10	50	15,6×12,5	9,5	30
РЦ-57	1,25	1,0	1,0	20	—	16×17	15	12
РЦ-59	1,25	1,0	3,0	60	—	16×50	44	12
РЦ-63	1,25	1,0	0,55	20	27	21×7,4	10,5	18
РЦ-65	1,25	1,0	1,0	20	53	21×13	18,1	30
РЦ-73	1,25	1,0	1,0	30	32	25,5×8,4	17,2	18
РЦ-75	1,25	1,0	1,5	30	55	25,5×13,5	27	30
РЦ-82Т	1,25	1,0	1,5	50	—	30,1×9,4	30	18
РЦ-83	1,25	1,0	1,5	50	35	30,1×9,4	28,2	18
РЦ-84	1,22	1,0	2,5	50	—	30,1×14	45	30
РЦ-85	1,22	1,0	2,5	50	55	30,1×14	39,5	30
РЦ-93	1,25	1,0	13,0	300	—	31×60	170	6
2РЦ-55с	2,68	1,8	0,45	10	—	16,2×27	20	—
3РЦ-55с	4,02	2,7	0,45	10	—	16,2×40	30	—
4РЦ-55с	5,36	3,6	0,45	10	—	16,2×53	40	—
5РЦ-55с	6,7	4,5	0,45	10	—	16,2×66	50	—
2РЦ-63	2,5	1,8	0,55	60	—	22×16	21,1	12
6РЦ-63	7,2	5,4	0,6	10	—	23×48	71	6
5РЦ-84	6,0	4,5	3,0	100	—	35×85	250	—

Таблица 4.10. **Электрические параметры сухих марганцово-цинковых элементов со щелочным электролитом и повышенной отдачей**

Обозначение элемента	Напряжение элемента, В, не менее		Номинальная емкость, А·ч	Разрядный ток, мА	Габаритные размеры ($D\times H$), мм	Масса, г	Срок сохраняемости, мес.
	начальное	конечное					
ЧМЦ-2	1,63	1,4	0,06	0,3	11,1×8,4	1,5	18
ЧМЦ-н	1,5	—	0,05	0,1	11,1×3,2	1,5	18
МЦ-1К	1,46	0,8	0,11	2,5	15,5×6,6	4,1	15
МЦ-2К	1,46	0,8	0,3	2,5	21,0×7,4	8,2	15
МЦ-3К	1,46	0,8	0,4	10	25,0×8,4	14,5	15
МЦ-4К	1,46	0,8	1,0	10	31,1×9,4	21,5	15
А-312	1,52	0,9	0,85	30	14×25	10	—
А-314 («Карат»)	1,52	0,9	1,3	30	14×38	15	—
А-316 («Квант»)	1,52	0,9	1,7	30	14×50	25	—
А-332 («Ореол»)	1,4	0,75	2,7	22	20×37	30	—
А-336 («Свет»)	1,4	0,75	4,2	220	20×59	55	—
А-343 («Салют»)	1,55	0,75	5,2	260	26×49	70	—
А-373 («Мир»)	1,6	0,75	11,2	270	32×61	125	—

Таблица 4.11. **Электрические параметры батарей типа 3336 из цилиндрических марганцово-цинковых элементов с солевым электролитом**

Обозначение батареи	Начальное напряжение, В, не менее: свежеизготовленной батареи	Начальное напряжение, В, не менее: в конце срока сохраняемости	Конечное напряжение, В, не менее	Характер разряда батареи (при +20°): непрерывный: Продолжительность разряда, мин, не менее	непрерывный: Сопротивление внешней цепи, Ом	прерывистый режим I: Продолжительность разряда, мин, не менее: свежеизготовленной батареи	прерывистый режим I: Продолжительность разряда, мин, не менее: в конце срока сохраняемости	прерывистый режим I: Сопротивление внешней цепи, Ом	прерывистый режим II: Продолжительность разряда, мин, не менее: свежеизготовленной батареи	прерывистый режим II: Продолжительность разряда, мин, не менее: в конце срока сохраняемости	прерывистый режим II: Сопротивление внешней цепи, Ом	Гарантийный срок сохраняемости, мес.
3336Л	3,9	3,5	2,7	40	10	160	130	15	80	64	225	6
3336 «Планета 1»	4,0	3,6	2,7	60	10	300	240	15	110	88	225	6
3336 «Планета 2»	3,9	3,5	2,7	40	10	200	160	15	100	80	225	6
3336У	4,1	3,5	2,7	40	10	180	130	15	80	64	225	8

Примечания: 1. Периодичность проведения разряда I — по 10 мин ежедневно. 2. Периодичность проведения разряда II — по 4 ч ежедневно. 3. Батареи 3336Л и 3336У в новых разработках не применять.

Таблица 4.12. **Электрические параметры марганцово-цинковых цилиндрических элементов с солевым электролитом при различных режимах разряда**

Обозначение элемента	Характер разряда элемента (при +20 °С): непрерывный: Продолжительность работы, ч, не менее: свежеизготовленного элемента	непрерывный: Продолжительность работы, ч, не менее: в конце срока сохраняемости	непрерывный: Режим разряда: сопротивление внешней цепи, Ом	непрерывный: Режим разряда: конечное напряжение, В	прерывистый: Продолжительность работы, ч, не менее: свежеизготовленного элемента	прерывистый: Продолжительность работы, ч, не менее: в конце срока сохраняемости	прерывистый: Режим разряда: сопротивление внешней цепи, Ом	прерывистый: Режим разряда: конечное напряжение, В	прерывистый: Режим разряда: периодичность проведения разряда
286	20	16	200	1,0	72	58	300	0,9	12 ч в день ежедневно
314	38	30	200	1,0	75	60	300	0,9	То же
316	60	48	200	1,0	140	100	300	0,9	»
316 «Уран»	70	48	200	1,0	180	120	300	0,9	»
332	6	4,8	20	0,85	1,67	1,33	5	0,75	5 мин в день 5 дней в неделю
336	10	7	20	0,85	6,67	4,83	5	0,75	10 мин в день 5 дней в неделю
343	12	9	20	0,85	5	3,33	5	0,75	То же
373	40	28	20	0,85	18,35	11,5	5	0,75	30 мин в день 5 дней в неделю
374	50	35	20	0,85	21,65	12	5	0,75	То же
376	65	45,5	20	0,85	28,35	18,6	5	0,75	»
425	144	100	20	0,85	—	—	—	—	—
465	495	340	20	0,85	—	—	—	—	—

Таблица 4.13. **Электрические параметры дисковых герметичных никель-кадмиевых щелочных аккумуляторов и батарей**

Тип аккумулятора	Номинальная емкость, мА·ч	Напряжение, В, не менее		Габаритные размеры ($D \times H$), мм (см. рис. 47, *в*)	Масса, г	Срок службы, мес., не менее	Срок сохраняемости, мес.
		номинальное	конечное				
Д-0,025Д	25	1,2	1,0	11,6×5,5	2,0	24	18
Д-0,06	60	1,2	1,0	15,7×6,6	4,0	12	12
Д-0,06Д	60	1,2	1,0	15,6×6,1	3,6	24	18
Д-0,1	115	1,2	1,0	20,1×7,1	7,0	14	15
Д-0,115Д	115	1,2	1,0	20,0×6,6	7,0	24	18
Д-0,25	250	1,2	1,0	27,2×10,3	14,0	12	6
Д-0,26Д	260	1,2	1,0	25,2×9,3	13,5	24	18
Д-0,26С	260	1,2	1,0	25,2×9,3	13,5	24	18
Д-0,55С	550	1,2	1,0	34,6×9,8	28,0	24	18
7Д-0,115-У1.1	115	8,4	7,0	24,0×62,2	60,0	15	14

На практике применяются последовательное и параллельное соединения гальванических элементов и аккумуляторов.

Последовательное соединение может быть согласным (рис. 4.17, *а*) и встречным (рис. 4.17, *б*). При согласном соединении ЭДС батареи равна сумме ЭДС каждого элемента.

При параллельном соединении (рис. 4.18) ток батареи при нагрузке равен сумме токов ее элементов. Напряжение на всех элементах одина-

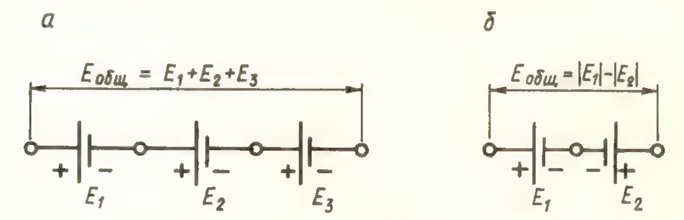


Рис. 4.17. Последовательное включение гальванических элементов или аккумуляторов:
а — согласное; *б* — встречное

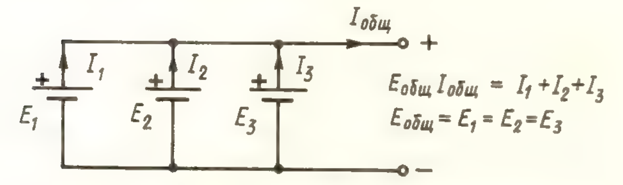


Рис. 4.18. Параллельное включение гальванических элементов и аккумуляторов

ково. Такое соединение применяют для увеличения емкости батареи (или увеличения тока, отдаваемого в нагрузку), например, если необходима длительная работа переносного аппарата на большой громкости. Однако надо иметь в виду, что соединять параллельно надо только идентичные

элементы. Если элементы будут разные (например, разное внутреннее сопротивление, ЭДС и др.), то возможно частичное потребление электроэнергии одного элемента другим.

Неисправности блока питания от сети

Сетевой блок питания магнитофона обычно состоит из силового трансформатора, выпрямителя, сглаживающего фильтра, и в некоторых схемах имеется электронный стабилизатор постоянного напряжения (рис. 4.19). Силовой трансформатор преобразует переменное напряжение сети в переменное напряжение до величины, необходимой для питания схемы. Он содержит первичную обмотку, подключаемую к сети, и одну



Рис. 4.19. Структурная схема блока питания

или несколько вторичных обмоток. Силовой трансформатор может содержать обмотку для питания электродвигателя переменного тока. В цепь первичной обмотки устанавливаются плавкие предохранители, защищающие трансформатор от выхода из строя при коротком замыкании в схеме. В некоторых схемах устанавливается плавкий предохранитель и в цепи вторичной обмотки трансформатора, позволяющий защитить от вывода из строя выпрямитель. Чтобы предохранители выполняли свои функции, они должны быть рассчитаны на ток, указанный на схеме.

Выпрямитель преобразует переменное напряжение в постоянное, чаще выполняется по мостовой схеме (содержит 4 полупроводниковых диода). В некоторых аппаратах имеется несколько выпрямителей для разных напряжений.

На выходе выпрямителя включается фильтр, сглаживающий пульсации переменного тока. Чаще применяется фильтр, состоящий из одного или нескольких, включенных параллельно, электролитических конденсаторов, общей емкостью от нескольких сотен до тысяч микрофарад. После фильтра часто применяется электронный стабилизатор, обычно компенсационного типа.

В блоке питания могут возникнуть неисправности, характеризующиеся следующими внешними признаками:

при включении магнитофона сгорает предохранитель;

выпрямленное напряжение отсутствует или значительно ниже нормы;

недостаточная фильтрация выпрямленного напряжения.

Рассмотрим возможные причины, вызывающие указанные неисправности в блоке питания.

1. При включении магнитофона сгорает предохранитель. Сначала проверить, правильно ли установлен переключатель напряжения сети. Перегорание предохранителя указывает на чрезмерно большой ток, протекающий в обмотках трансформатора. Это возможно при коротких замыканиях в цепях питания схемы магнитофона, в схеме самого блока питания или в силовом трансформаторе. Для уточнения места неисправности отсоединим схему магнитофона от блока питания и включим блок питания в сеть, установив годный предохранитель. Если при этом предохранитель не перегорает, значит, блок питания исправен, а цепь короткого замыкания находится в схеме магнитофона. Это может быть корот-

кое замыкание в монтаже схемы, пробой электролитических конденсаторов фильтра схемы, пробой транзисторов усилителя магнитофона и др.

Если же при повторном включении блока питания в сеть предохранитель снова перегорает, то это свидетельствует о наличии короткого замыкания в самом блоке питания. Это возможно при коротком замыкании в обмотках силового трансформатора, при пробое электролитических конденсаторов фильтра, при пробое полупроводниковых диодов выпрямителя. Для уточнения места неисправности можно отсоединить вторичную обмотку трансформатора от выпрямителя и подключить трансформатор к сети. Если предохранитель не перегорает, обмотки трансформатора не нагреваются, то трансформатор исправен, в противном случае он подлежит замене или ремонту. Диоды и электролитические конденсаторы проверяются омметром.

2. *Выпрямленное напряжение на выходе блока питания отсутствует.* Сначала необходимо проверить наличие и годность предохранителя, затем наличие напряжения сети, исправность сетевого выключателя. Другой причиной может быть: обрыв вторичной обмотки силового трансформатора, выход со стороны выпрямителя, пробой конденсаторов фильтра, неисправность в схеме стабилизатора.

Вначале нужно проверить наличие постоянного напряжения на входе стабилизатора. Если его величина соответствует указанному на схеме (обычно несколько выше выходного напряжения блока питания), то трансформатор, выпрямитель и фильтр исправны. Проверке подлежит схема электронного стабилизатора, режим работы ее транзисторов, стабилитрона, исправность транзисторов (особенно более мощного управляемого). При отсутствии напряжения на входе стабилизатора необходимо проверить наличие переменного напряжения на вторичной обмотке трансформатора. Если оно нормально, то неисправность следует искать в выпрямителе или пробое конденсаторов фильтра (это может вызвать пробой диодов выпрямителя и перегорание предохранителя). Если переменное напряжение на вторичной обмотке трансформатора отсутствует, он подлежит замене.

Признаками *пониженного напряжения* на выходе блока питания являются: снижение скорости движения ленты в магнитофоне, замедленная перемотка ленты при увеличении выходной мощности, появление заметных искажений звука. Перед поиском неисправности необходимо проверить величину питающего напряжения сети. Если оно нормально, то неисправность находится в блоке выпрямителя питающей сети схемы магнитофона.

После этого проверить диоды выпрямителя и электролитические конденсаторы фильтра.

При недостаточной фильтрации выпрямленного напряжения появится фон переменного тока в громкоговорителе магнитофона. Причиной является уменьшение емкости или увеличение тока утечки электролитических конденсаторов или их обрыв. Для обнаружения дефектного конденсатора необходимо поочередно, параллельно конденсаторам фильтра подключить годный, определенной емкости, рассчитанный на рабочее напряжение конденсатор. Если фон исчезнет, то этот неисправный конденсатор подлежит замене.

Подбор выпрямительных диодов взамен вышедшим из строя осуществляется по следующим параметрам:

постоянное (максимальное) обратное напряжение $V_{\text{обр (обр. макс)}}$ должно быть не ниже, чем у заменяемого;

постоянный прямой ток диода $I_{\text{пр}}$ должен быть равен или выше, чем у заменяемого;

максимально допустимая рассеиваемая мощность диода $P_{макс}$ должна быть равна или выше, чем у заменяемого (см. табл. 4.14...4.16, 4.22);

вышедшие из строя блоки диодов (диодный мост в одном корпусе) заменяются аналогичными, но при отсутствии блока его можно заменить четырьмя диодами;

вышедшие из строя электролитические конденсаторы подбираются по величине рабочего напряжения и емкости не ниже, чем у заменяемого. Для фильтров чем больше емкость, тем, обычно, лучше. При этом может несколько повыситься величина выходного напряжения фильтра.

Уровень пульсаций уменьшается и электронным стабилизатором. Часто уровень пульсаций указан величиной переменной составляющей напряжения на выходе $\sim U$, которую легко измерить электронным осциллографом, увеличивая его чувствительность (уменьшить значение U/дел.) делителем входного напряжения.

Стабилизаторы напряжения

Для питания каскадов бытовой аппаратуры применяются в основном параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения.

Параметрический стабилизатор осуществляет стабилизацию выходного напряжения за счет свойств вольт-амперной характеристики нелинейного элемента (НЭ)-стабилитрона (стабистора). Его структурная схема приведена на рис. 4.20. При увеличении напряжения на входе $U_{вх}$

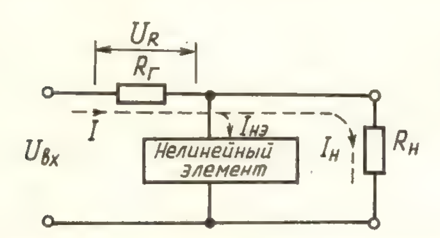


Рис. 4.20. Структурная схема параметрического стабилизатора

возрастает ток через нелинейный элемент и падение напряжения на резисторе U_R, а выходное напряжение на нагрузке $U_н$ остается неизменным. При уменьшении входного напряжения ток через НЭ уменьшается, падение напряжения U_R уменьшается, а $U_н$ не изменяется. Вольт-амперная характеристика нелинейного элемента стабилитрона приведена на рис. 4.21. Для работы стабилизатора используется обратное включение стабилитрона (рис. 4.22), при котором при изменении тока через стабилитрон от $I_{мин. ст.}$ до $I_{макс. ст.}$ напряжение остается практически неизменным, равным $U_{ст}$. Стабилитрон стабилизирует только одно напряжение $U_{ст}$ и применяется в том случае, если ток, потребляемый нагрузкой, находится в пределах между $I_{мин. ст}$ и $I_{макс. ст}$. Если в силу каких-то причин ток нагрузки возрастет больше $I_{ст. макс}$, то стабилизатор не будет работать и даже может выйти из строя стабилитрон. Так как ток стабилизации относительно небольшой, то параметрический стабилизатор применяется чаще для стабилизации напряжения питания отдельных каскадов на транзисторах и микросхемах.

Если необходимо стабилизировать напряжения, отличающиеся от стандартных значений $U_{ст}$ стабилитронов, то возможно последовательное включение стабилитронов (рис. 4.22, *б*). Ток через все стабилитроны проходит одинаковый. Обычно применяют последовательное включение одинаковых стабилитронов. В любом случае мощность каждого из ста-

билитронов и значения их $I_{ст. мин}...I_{ст. макс}$ одинаковы. Параллельное включение стабилитронов не допускается, так как у одинаковых типов стабилитронов разное $U_{ст}$ и будет работать только один из них, у которого $U_{ст}$ меньше.

При пробое стабилитрона напряжение на нагрузке резко уменьшается и сильно нагревается гасящий резистор $R_г$. Ориентировочно годность стабилитрона можно проверить омметром. Его прямое сопротивление (рис. 4.23) мало, обратное — большое, если приложенное обратное на-

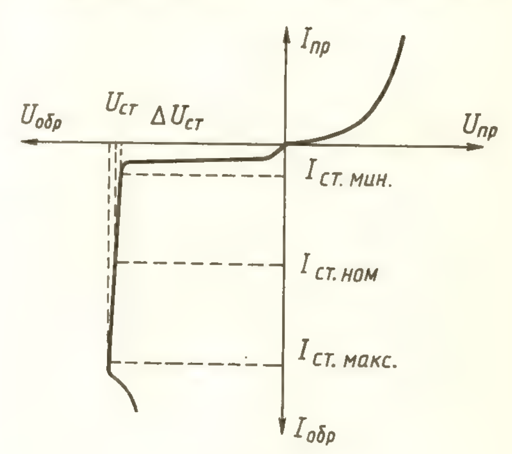
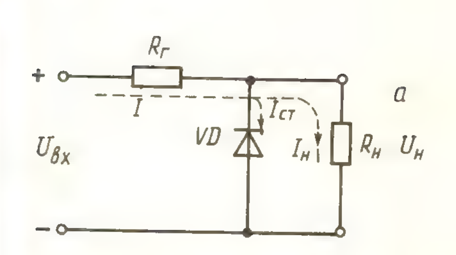


Рис. 4.21. Вольт-амперная характеристика стабилитрона



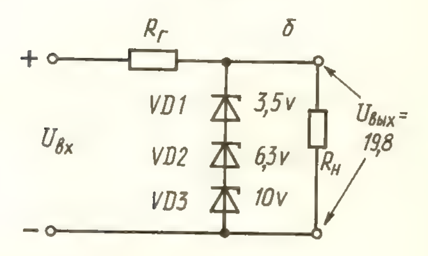
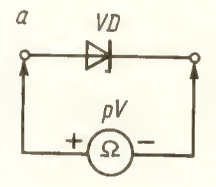


Рис. 4.22. Принципиальная схема параметрического стабилизатора: *а* — с одним стабилитроном; *б* — последовательное включение стабилитронов



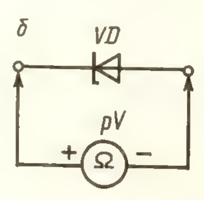


Рис. 4.23. Проверка стабилитрона омметром:
а — сопротивление мало;
б — сопротивление велико

пряжение меньше $U_{ст}$ данного стабилитрона, (большее напряжение не следует подавать), можно вывести из строя стабилитрон.

Проверку работоспособности стабилитрона как стабилизатора и определение напряжения стабилизации можно осуществить с помощью простой схемы (рис. 4.24). R выбирают приблизительно равным: $P = U^2_{ст}/0{,}5\,P_{доп}$, где $P_{доп}$ — допустимая мощность рассеивания стабили-

трона, $U_{ст}$ — напряжение стабилизации. Мощность рассеивания резистора R выбирается из условия $P_R > U^2_{ст}/P$, где P_R — необходимая мощность рассеивания.

При повышении напряжения источника E постепенно увеличивается измеряемое напряжение на стабилитроне до величины $U_{ст}$ данного стабилитрона. При дальнейшем увеличении $E(E < 2U_{ст})$ напряжение на нормально работающем стабилитроне остается примерно постоянным, равным $U_{ст}$.

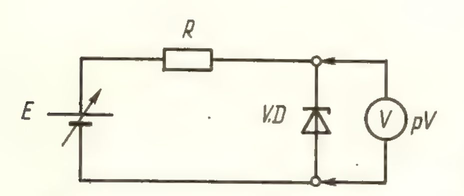


Рис. 4.24. Схема проверки стабилитрона

При замене вышедшего из строя стабилитрона (при отсутствии аналогичного) следует помнить, что $U_{ст}$ нового стабилитрона должно точно соответствовать заменяемому, а $I_{ст}$ и $P_{макс}$ не ниже, чем у заменяемого, но при этом придется подбирать гасящий резистор, так как за счет увеличения $I_{ст}$ падение напряжения на нем увеличится.

При выборе элементов простого параметрического стабилизатора можно ориентировочно руководствоваться соотношениями, приведенными ниже.

Выходное напряжение $U_{вых} = U_{ст}$ стабилитрона.

Мощность рассеяния стабилитрона $P_{max} = I_{ст} \cdot U_{ст}$.

Минимальное входное напряжение $U_{вх.\,min} > 1{,}4U_{ст}$.

Напряжение стабилизации $U_{ст} \approx 0{,}7U_{вх.\,min}$.

Рабочая мощность стабилитрона $P \approx 3\,P_н$, где $P_н$ — мощность нагрузки.

Величина гасящего резистора $R_г = (U_{вх.\,max} - U_{ст})^2/P$, где $U_{вх.\,max}$ — максимальное входное напряжение, P — рабочая мощность стабилитрона, $U_{ст}$ — напряжение стабилизации.

Отклонения входного напряжения $\Delta U_{вх}$: $\Delta U_{вх} < 30\ \%\ U_{вх.\,max}$.

Ток нагрузки $I_н = U_{ст}/R_н$.

Мощность нагрузки $P_н = U_{ст}I_н$.

Рабочий ток стабилитрона $I_{ст} \approx 3I_н$.

Параметры стабилитронов приведены в таблицах 4.17, 4.18, 4.23.

Аппараты магнитной записи (кроме миниатюрных) потребляют токи обычно выше токов стабилизации стабилитронов. Поэтому используют более сложные схемы параметрических стабилизаторов (рис. 4.25) или компенсационные стабилизаторы. Отличие этих схем в том, что ток, потребляемый нагрузкой, является током коллектора транзистора и он в $h_{21э}$ раз больше ($h_{21э}$ — статический коэффициент усиления тока базы в схеме с общим эмиттером) тока стабилитрона. Напряжение на выходе такого стабилизатора $U_{вых} = U_{ст} - U_{б\text{-}э}$, где $U_{ст}$ — напряжение стабилизации стабилитрона; $U_{б\text{-}э}$ — напряжение база-эмиттер транзистора. Требуемый ток стабилизации можно установить подбором величины резистора R_1. Резистор R_2 обеспечивает нормальный режим работы транзистора VT при малых токах нагрузки.

Если требуется большее значение тока нагрузки, применяют параллельное включение двух и более транзисторов (рис. 4.26). Из двух транзисторов $VT1$ маломощный, а $VT2$ мощный. Ток, потребляемый нагруз-

кой,— это ток коллектора мощного *VT2*, он больше тока стабилизации стабилитрона *VD* в $h_{21э}$ раз составного транзистора, а $h_{21э} = h_{21э(VT1)} \times \times h_{21э(VT2)}$.

В схемах параметрических стабилизаторов с транзистором (рис. 4.25) параметры активных элементов взаимосвязаны, и это надо учитывать при их замене или ремонте. Ток базы транзистора соизмерим с током стабилизации стабилитрона, а ток коллектора транзистора является током нагрузки. В схеме рис. 4.26 ток стабилизации стабилитрона *VD* соизмерим

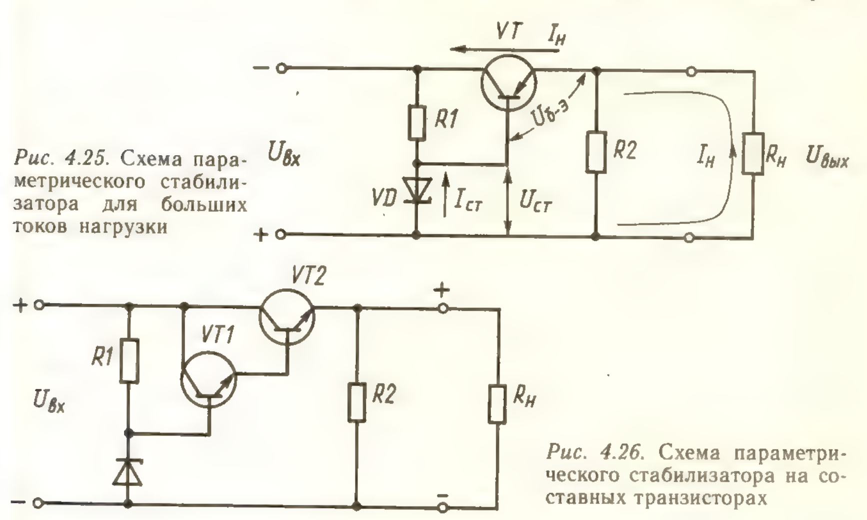


Рис. 4.25. Схема параметрического стабилизатора для больших токов нагрузки

Рис. 4.26. Схема параметрического стабилизатора на составных транзисторах

с током базы *VT1*, а ток коллектора *VT1* с током базы *VT2*, ток коллектора *VT2* — ток нагрузки.

При аварийном режиме в схеме потребления электроэнергии (большая утечка тока) ток, потребляемый нагрузкой, становится больше номинального, возрастает ток коллектора последовательно включенного транзистора (*VT1* или составного *VT1, VT2*), возрастают ток базы и ток стабилизации стабилитрона. Происходит нагрев элементов, от этого изменяются их параметры (в том числе напряжение стабилизации стабилитрона.) Нормальная работа сразу нарушается, и дальнейший нагрев приводит к перегоранию транзистора, возможно, и стабилитрона. Транзисторы обычно крепятся на радиаторах, и после их замены необходим хороший тепловой контакт. Холодный транзистор свидетельствует об отсутствии тока в нагрузке. При сильном нагреве транзистора надо отключить аппарат, дать возможность транзистору хоть немного остыть, а затем измерить ток, потребляемый нагрузкой, и, в случае его превышения, устранить причину. Если же ток в нагрузке нормальный, то проверить (заменить) стабилитрон, транзистор.

Компенсационные стабилизаторы

Параметрические стабилизаторы являются наиболее простыми устройствами. Промышленность выпускает широкую номенклатуру кремниевых стабилитронов. Их недостатком является то, что они эффективно работают только при небольших токах нагрузки, а применение транзисторов (рис. 4.25) дает невысокий коэффициент стабилизации выходного на-

пряжения и их параметры изменяются от изменения тока нагрузки и температуры.

Поэтому для питания усилительных устройств, аппаратов магнитной записи применяют более совершенные компенсационные стабилизаторы, которые обладают высоким коэффициентом стабилизации, КПД и др.

В зависимости от схемного построения различают последовательные и параллельные компенсационные стабилизаторы.

Последовательные компенсационные стабилизаторы

Структурная схема такого стабилизатора приведена на рис. 4.27. При таком построении схемы регулирующий элемент включается последовательно с нагрузкой.

Предположим, что по какой-либо причине (увеличение входного напряжения, изменение тока нагрузки и т. п.) напряжение на выходе стаби-

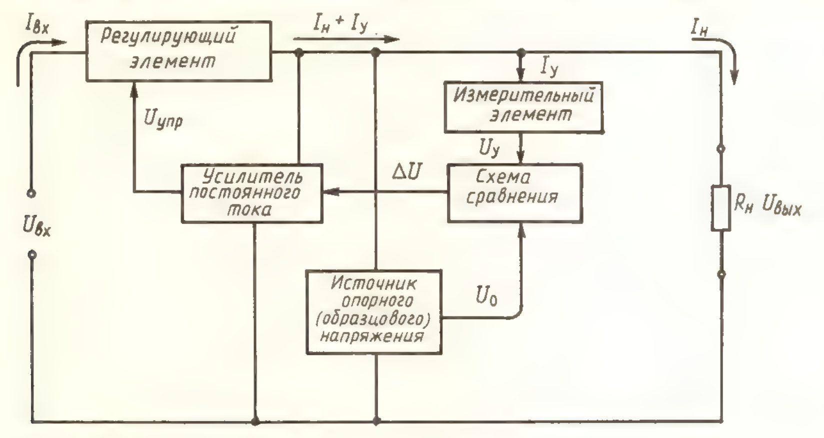


Рис. 4.27. Структурная схема последовательного компенсационного стабилизатора

лизатора $U_{вых}$ увеличилось. В результате этого возросло напряжение на выходе измерительного элемента, превысило опорное напряжение и появляется какое-то напряжение (напряжение ошибки) на выходе схемы сравнения. Это напряжение $U_{упр}$ усиливается усилителем постоянного тока (УПТ) и поступает на управление регулирующим элементом. Под действием $U_{упр}$ падение напряжения на регулирующем элементе увеличивается, а, следовательно, напряжение на выходе стабилизатора уменьшается (восстанавливается прежнее значение). Так, в схеме осуществляется отрицательная обратная связь.

В установившемся режиме выходное напряжение стабилизатора сохраняется практически постоянным и нестабильность его будет тем меньше, чем больше коэффициент усиления УПТ.

Паралельные компенсационные стабилизаторы

В компенсационных стабилизаторах параллельного типа регулирующий элемент включается параллельно нагрузке. Структурная схема типового параллельного стабилизатора приведена на рис. 4.28. Как и в последовательном стабилизаторе, здесь имеется делитель напряжения. Одно

его плечо — гасящий резистор $R_г$, другое — нелинейный РЭ. Входное напряжение подается на делитель напряжения, а нагрузка подключается параллельно РЭ. В такой схеме $I_{вх} = I_{Rэ} + I_у + I_н$ и при постоянном $U_{вх}$ входной ток $I_{вх}$ неизменный. В режиме, близком к холостому ходу (малое потребление тока нагрузкой), для сохранения неизменного напряжения на нагрузке $U_{вых}$ через РЭ должен протекать ток, равный номинальному току нагрузки. Поэтому стабилизаторы параллельного типа имеют довольно низкий КПД (0,3...0,4), что ограничивает их применение в переносной аппаратуре с питанием от гальванических элементов.

Работа параллельного стабилизатора аналогична работе последовательно. Если $U_{вх}$ увеличилось, то возрастут напряжения на нагрузке $U_{вых}$ и на выходе измерительного элемента, и как только последнее превысит величину опорного напряжения $U_о$, то на выходе схемы сравнения будет

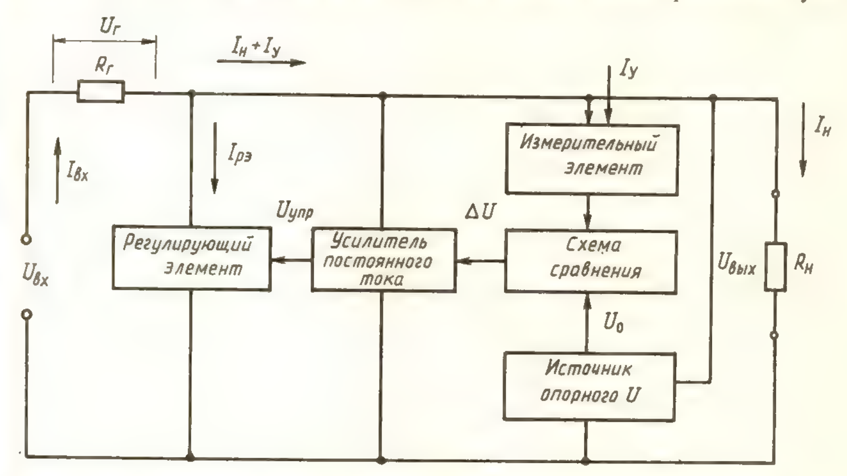


Рис. 4.28. Структурная схема параллельного компенсационного стабилизатора

напряжение ошибки $U_{упр}$, которое после усиления УПТ поступит на РЭ. В результате воздействия $U_{упр}$ возрастет ток, проходящий через РЭ, $R_г$, и на последнем увеличится падение напряжения $U_г$, а $U_{вых}$ уменьшится практически до прежнего уровня.

Для сравнения обоих видов стабилизаторов можно отметить, что у последовательных стабилизаторов более высокий КПД, они экономичны в режиме малых потребляемых токов и имеют высокий коэффициент стабилизации. Однако, с точки зрения эксплуатации и ремонта,они обладают существенным недостатком: низкая надежность при перегрузках (больших потребляемых токах) и в режиме короткого замыкания в цепи нагрузки. Так как в последовательном стабилизаторе регулирующий элемент (мощный транзистор или составные транзисторы) включен последовательно с нагрузкой и при коротком замыкании мгновенно сгорает, то создание эффективной защиты регулирующего транзистора приводит к усложнению и удорожанию схемы.

Важнейшим преимуществом параллельных стабилизаторов является высокая надежность при перегрузках и коротких замыканиях на выходе. В них при перегрузке или замыкании на выходе резко уменьшаются ток и напряжение на мощном регулирующем транзисторе. Поэтому таким стабилизаторам практически не нужна схема защиты от перегрузок.

Качество стабилизации обоих стабилизаторов примерно одинаково. Основным недостатком параллельного стабилизатора является низкий КПД. В принципиальных схемах компенсационных стабилизаторов в качестве регулирующих элементов стабилизаторов напряжений применяют транзисторы или составные транзисторы, которые не только увеличивают мощность стабилизатора, но и лучше согласовывают маломощный УПТ с мощным регулирующим транзистором.

Мощность регулирующего транзистора зависит от мощности нагрузки.

Источник опорного напряжения представляет собой обычно однокаскадный параметрический стабилизатор на кремниевом стабилитроне. От качества стабилитрона существенно зависит качество работы стабилизатора. Если по какой-либо причине изменяется напряжение стабилизации стабилитрона, то изменяется и напряжение на выходе всего стабилизатора. В процессе ремонта при замене стабилитрона на аналогичный может измениться выходное напряжение из-за разброса его параметров. Назначение схемы сравнения — выявить отклонение выходного напряжения от номинального и подать его на вход УПТ по цепи обратной связи. В стабилизаторах напряжения обычно схему сравнения совмещают с УПТ (усилителем сигнала ошибки или его входным каскадом) и источником опорного напряжения. Схемы сравнения могут быть выполнены на одном или двух транзисторах с различными вариантами подключения стабилитронов или совмещены с УПТ (сравнение напряжений происходит на входе первого каскада усилителя).

Измерительный элемент обычно представляет собой делитель напряжения на резисторах, подключенных параллельно выходу стабилизатора. Основное требование к нему — постоянство коэффициента деления. Иногда в цепи измерительного элемента устанавливают переменный или подстроечный резистор, с помощью которого можно в определенных пределах изменять величину $U_{вых}$ стабилизатора.

Усилитель постоянного тока в более простых стабилизаторах совмещается со схемой сравнения и его роль выполняет транзистор *VT2* (рис. 4.29). Но в такой схеме низкая стабильность напряжения питания УПТ (*VT2*), зависимость ее работы от параметров транзистора *VT2* и температуры. Для уменьшения погрешностей, вызванных изменением температуры, разбросов параметров усилительных транзисторов, применяются дифференциальные схемы УПТ (рис. 4.30).

В этой схеме транзистор *VT3* используется как обычный УПТ. На его базу подается часть выходного напряжения, снимаемого с резистора *R2* делителя выходного напряжения *R1, R2*, а на эмиттер — опорное напряжение, но не со стабилитрона *VD* непосредственно, а через эмиттерный повторитель на транзисторе, в эмиттерную цепь которого включен резистор $R_э$. Падение напряжения на этом резисторе и используется в качестве опорного U_0.

Еще лучшими характеристиками обладают стабилизаторы с УПТ, выполненными на базе интегральных операционных усилителей (рис. 4.31). На операционном усилителе *DA 1* выполнены схема сравнения и усилитель сигнала ошибки. Такие схемы имеют высокий коэффициент стабилизации (до 1000).

Параллельные компенсационные стабилизаторы (рис. 4.32) в схемах питания бытовой радиоэлектронной аппаратуры не получили широкого распространения. В данной схеме регулирующий элемент — транзистор *VT1*, усилитель постоянного тока собран на транзисторе *VT2*, измерительный элемент — делитель выходного напряжения на резисторах *R1, R, R2*. Источником опорного напряжения является однокаскадный параметри-

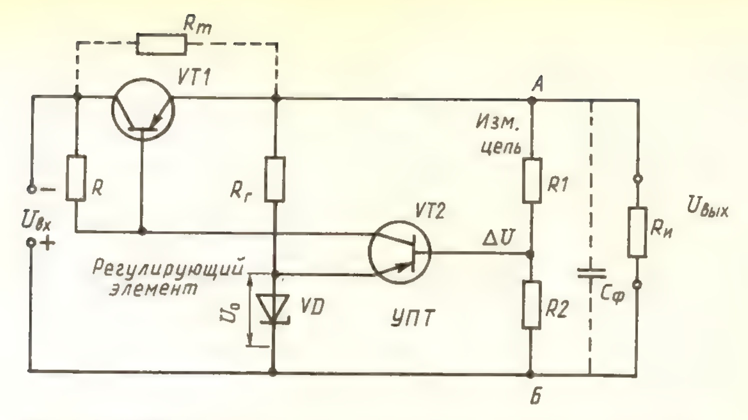


Рис. 4.29. Принципиальная схема последовательного компенсационного стабилизатора

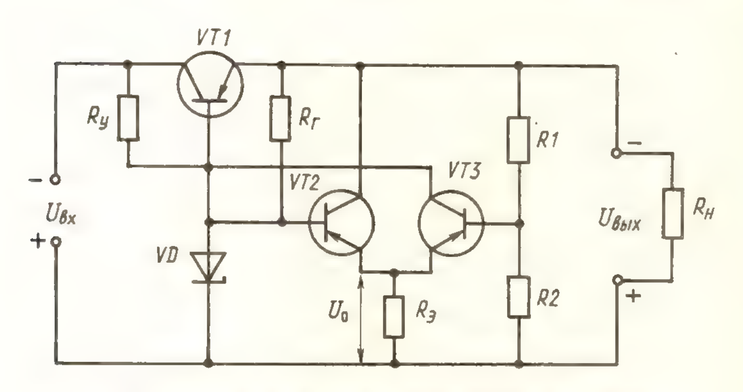


Рис. 4.30. Принципиальная схема последовательного компенсационного стабилизатора с УПТ на дифференциальном усилителе

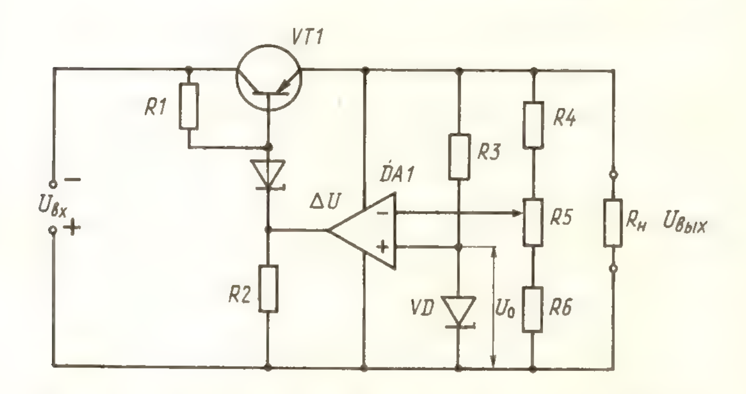


Рис. 4.31. Принципиальная схема последовательного стабилизатора с УПТ на операционном усилителе

ческий стабилизатор на стабилитроне *VD*. Минимальное значение рабочего тока через стабилитрон определяется сопротивлением резистора $R_{ст}$. Сравнение выходного и опорного напряжения производится на входе *VT2* УПТ, он же усиливает сигнал ошибки и управляет регулирующим транзистором. В схемах блоков питания аппаратов магнитной записи применяются в основном параметрические и последовательные компенсационные стабилизаторы, в которых часто регулирующий транзистор зашунтирован резистором $R_{ш}$ (рис. 4.29). Шунтирование транзистора

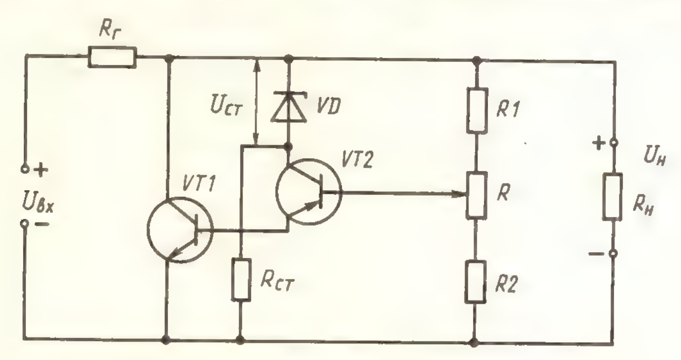


Рис. 4.32. Принципиальная схема параллельного компенсационного стабилизатора

облегчает его тепловой режим, однако так можно поступать в случаях, когда нагрузка постоянна или возможно ее уменьшение (но не полностью), т. е. $I_{н.\,min} < I_н < I_{н.\,макс}$. Величина сопротивления дополнительного резистора $R_ш$ выбирается такой, чтобы ток через него составлял 0,6...0,8 от минимального тока нагрузки, т. е. $I_ш = U_{кэ\,max}/R_ш = (0{,}6...0{,}8)I_{н\,мин}$. Шунтирование регулирующего транзистора обеспечивает снижение мощности, выделяющейся на нем до величины $P_к = U_{кэ}(I_н - U_{кэ}/R_ш)$, т. е. на величину мощности, выделяющейся на резисторе $R_ш$. Правда, при подключении $R_ш$ снижается коэффициент стабилизации схемы. Если же питание схемы аппарата двухполярное, то имеются и две идентичные схемы стабилизаторов. В бытовой аппаратуре не применяются более сложные схемы стабилизаторов, так как кроме улучшения качества это ведет к усложнению и удорожанию схемы.

В настоящее время промышленность выпускает довольно широкий ассортимент микроэлектронных стабилизаторов, т. е. микросхемных. Схемотехника их в основном значительно лучше и сложнее. Имеются стабилизаторы и с регулируемым выходным напряжением, и двухполярные с защитой от короткого замыкания, и др.

Основные параметры микросхем стабилизаторов напряжения приведены в таблицах 4.19...4.21.

Ремонт и регулировка компенсационных стабилизаторов напряжения

В бытовых магнитофонах в основном, как отмечалось раньше, применяются схемы последовательных компенсационных стабилизаторов (см. рис. 4.29, 31). Исходя из принципов работы стабилизатора, становится очевидным, что самым «уязвимым» его элементом является регу-

лирующий транзистор *VT1*, так как через него проходит весь ток нагрузки, и несколько облегчен его режим при наличии шунтирующего резистора $R_{ш}$. С другой стороны, в магнитофоне ток нагрузки возрастает при увеличении громкости, но и значительно увеличивается при наличии большой утечки тока в цепях питания схемы магнитофона (пробой конденсаторов фильтра, пробой транзисторов и т. п.), а при коротком замыкании в цепях питания наступает аварийный режим.

Для облегчения режима работы регулирующего транзистора его мощность выбирается с запасом. Он устанавливается, как правило, на радиаторе, и обеспечивается надежный тепловой контакт корпуса транзистора с радиатором посредством теплопроводной пасты. Как отмечалось раньше, при различных неисправностях в электронной схеме магнитофона на первых этапах проверяют наличие напряжения питания на выходе стабилизатора. Перед этим можно прикоснуться пальцем к корпусу управляющего транзистора (и к другим), и если он очень горячий, то выключить аппарат и проверить наличие короткого замыкания или большой утечки в схеме магнитофона, а затем и самого стабилизатора. Если же транзистор *VT1* холодный, то, вероятно, ток через него вообще не проходит (обрыв в цепи нагрузки, самом транзисторе и т. п.). При этом сразу следует внимательно осмотреть состояние монтажа, печатной платы, особенно дорожек, ведущих от выводов коллектора и эмиттера *VT1*.

Ремонт стабилизатора (как блока питания в целом) можно проводить и отдельно от аппарата, но при этом надо помнить, что отключение блока питания от нагрузки приводит обычно к возрастанию напряжения на выходных конденсаторах фильтров примерно в 1,5 раза, и рабочее напряжение конденсаторов должно соответствовать этому. Для проверки стабилизатора под нагрузкой вместо аппарата можно включить эквивалент нагрузки (реостат и т. п.), сопротивление и мощность которого зависят от потребляемой мощности аппаратом.

К примеру, если стабилизатор имеет $U_{вых} = 25$ В, а потребляемый ток нагрузки $I_н = 1$ А, то мощность реостата $P = UI = 25 \cdot 1 = 25$ Вт. Реостат применять лучше потому, что можно плавно увеличивать ток нагрузки до номинального и следить за «поведением» стабилизатора (нагрев транзистора и др.).

При отсутствии напряжения на выходе стабилизатора (или очень малом значении) после проверки наличия $U_{вх}$ (напряжение после выпрямителя, фильтра) отключить стабилизатор от питания схемы магнитофона (от нагрузки) и повторно проверить величину $U_{вых}$. При его отсутствии проверить $C_ф$, (если он имеется) на наличие пробоя или большой утечки (при этом он греется), общее сопротивление делителя *R1, R2. В общем, проверить сопротивление на выводах подключения нагрузки. Его величина — это параллельное включение измерительной цепи R1, R2* и *RГ* с *VD*. Нужно помнить, что если «+» омметра в верхней точке А, то сопротивление стабилитрона мало, наоборот — велико (см. рис. 4.29). Если же эти цепи целы, то остается проверить *VT1, VT2*.

При замене вышедших из строя транзисторов и стабилитрона следует иметь в виду, что параметры элементов связаны между собой и чем сложнее схема стабилизатора, тем она более критична к замене активных элементов. Иногда даже с установлением точно такого типа транзистора стабилитрона стабилизатор не запускается (не работает) из-за большого разброса параметров элементов. В таких случаях (при отсутствии измерителя параметров транзисторов, стабилитронов) устанавливают другой экземпляр такого же типа, т. е. подбирают элементы. Замена же регулирующего транзистора *VT1* на более мощный, с желанием облегчить режим и создать запас по мощности, не всегда дает положительный результат.

Так, ток базы *VT1* — примерно равен току коллектора *VT2*. У более мощного транзистора $I_б$ может быть больше, «потребуется» больший $I_к$ от *VT2* (способен ли он выдержать это увеличение), и, в свою очередь, ток стабилитрона тоже возрастет. В стабилизаторах надо стремиться заменять активные элементы на аналогичные или с очень близкими параметрами.

При выборе регулирующего транзистора по схеме (рис. 4.29) руководствуются следующим. Максимально допустимое напряжение $U_{кэ\ макс}$ данного транзистора должно быть больше наиболее возможного напряжения на выходе стабилизатора $U_{вх.\ макс}$. Максимально допустимый ток коллектора $I_{к.\ макс}$ должен быть больше максимального тока нагрузки. Максимальная мощность рассеивания P_{max} регулирующего транзистора *VT1* определяется по формуле: $P_{max} = (U_{вх.\ max} - U_{вых}) \cdot I_{н.\ max}$. Значение $P_{к.\ max}$ транзистора по справочнику должно быть на 25 % выше $P_{макс}$. Максимальный ток базы регулируемого транзистора $I_{max} = I_{н.\ max}/h_{21e}$, где h_{21e} — минимальное значение коэффициента передачи тока.

Практика показывает, что при эксплуатации полупроводниковых приборов в облегченном режиме их надежность возрастает в десятки раз по сравнению с эксплуатацией в предельном режиме. А при повышении температуры предельно допустимые значения тока, рассеиваемой мощности, напряжения снижаются, да и все остальные параметры изменяются. Поэтому хорошее охлаждение транзисторов и стабилитронов предполагает долговременную надежную работу стабилизатора. В связи с этим при замене вышедшего из строя регулирующего транзистора необходимо тщательно установить его на радиатор, обеспечивая хороший тепловой контакт, и следить за целостностью изоляционной слюдяной прокладки (если имеется).

При подборе транзистора по справочнику следует обращать внимание на то, при каких условиях у данного транзистора обеспечивается максимальная рассеиваемая мощность (обычно с радиатором). Иногда после замены элементов стабилизатора с УПТ в цепи обратной связи нарушается устойчивость работы, схема начинает генерировать паразитные колебания, т. е. стабилизатор превращается в генератор.

Для устранения генерации можно попробовать подключить конденсатор (емкость которого подбирают) между коллектором и базой транзистора УПТ.

Для повышения устойчивости сложных стабилизаторов увеличивают постоянные времени регулирующего или усилительных каскадов. Для этого на базу регулирующего транзистора можно попробовать присоединить конденсатор емкостью 0,05...0,5 мкФ, второй вывод которого соединяют с общим приводом. Можно еще шунтировать переход эмиттер-база регулирующего транзистора конденсатором емкостью 1...10 мкФ. Однако надо иметь в виду, что подключение конденсаторов ухудшает быстродействие стабилизатора, может вывести из строя транзисторы во время переходных процессов в моменты включения и выключения.

При значительном отклонении выходного напряжения от номинального следует проверить величину опорного напряжения на стабилитроне и, в случае его отклонения, проверить режимы транзисторов, стабилитронов, резисторов.

Проверка работы стабилизатора

Обычно после ремонта и замены деталей аналогичными стабилизатор промышленного аппарата работает нормально. Напомним, что стабилизатор должен поддерживать выходное напряжение в заданных пределах

при изменении напряжения на его входе (изменении напряжения сети на ± 10 %) с максимальным потребляемым током нагрузки. Для этого аппарат включают в рабочий режим, устанавливают номинальную выходную мощность УЗЧ и измеряют $U_{вых}$ стабилизатора. Более детальная проверка потребует дополнительных приборов. Поддерживает ли стабилизатор $U_{вых}$ с изменением $U_{вх}$, можно проверить, изменяя напряжение питания аппарата с помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) в пределах 220 В ± 10 %, т. е. от 200 до 240 вольт. В дальнейшем стабилизатор можно подвергнуть испытанию на работу в практическом режиме. Для этого устанавливают наибольшее входное напряжение $U_{сети} \approx 240$ В и ток нагрузки, имеющий максимальное значение. Наблюдение продолжают около 15 мин, пока не установится температура регулирующего транзистора. Стабилизатор при этом должен работать нормально. Затем ток нагрузки уменьшают скачком до минимального значения, например, уменьшая громкость УЗУ до нуля. При этом стабилизатор не должен выходить из режима стабилизации.

Проверка коэффициента стабилизации по напряжению (Кст)

Отношение относительного изменения напряжения на входе стабилизатора ($\Delta U_{вх}/U_{вх}$) к относительному изменению напряжения на его выходе ($\Delta U_{вых}/U_{вых}$) называют $K_{ст}$. $K_{ст} = (\Delta U_{вх}/U_{вх}) / (\Delta U_{вых}/U_{вых}) = \Delta U_{вх} U_{вых}/\Delta U_{вых} U_{вх}$. Как видно, для определения $K_{ст}$ необходимо измерить $U_{вх} = U_{вх1} - U_{вх2}$ и $U_{вых}$ на номинальной нагрузке $\Delta U_{вых} = U_{вых1} - U_{вых2}$.

Таблица 4.14. **Основные параметры выпрямительных диодов**

Тип диода	Максимально допустимый (средний) прямой ток, А	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Постоянное (среднее) прямое напряжение, В	Обратный ток при максимально допустимом обратном напряжении, мА	Интервал рабочих температур, °С	
					от	до
Д206	0,1*	100	1,0	0,1	−60	+120
Д207	0,1*	200	1,0	0,1	−60	+120
Д208	0,1*	300	1,0	0,1	−60	+120
Д209	0,1*	400	1,0	0,1	−60	+120
Д210	0,1*	500	1,0	0,1	−60	+120
Д211	0,1*	600	1,0	0,1	−60	+120
Д217	0,1*	800	1,0	0,05	−40	+100
Д218	0,1*	1000	1,0	0,05	−40	+100
Д226Б	0,3*	400	1,0	0,3	−60	+80
Д226В	0,3*	300	1,0	0,3	−60	+80
Д226Г	0,3*	200	1,0	0,3	−60	+80
Д226Д	0,3*	100	1,0	0,3	−60	+80
Д229А	(0,4)	200	(1,0)	0,05	−60	+85
Д229Б	(0,4)	400	(1,0)	0,05	−60	+85
Д229В	(0,4)	100	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229Г	(0,4)	200	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229Д	(0,4)	300	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229Е	(0,4)	400	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229Ж	(0,7)	100	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229И	(0,7)	200	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229К	(0,7)	300	(1,0)	0,2	−60	+85
Д229Л	(0,7)	400	(1,0)	0,2	−60	+85
Д302	1,0*	200	0,3	0,8	−55	+70
Д302А	1,0*	200	0,3	1,2	−55	+55

Продолжение табл. 4.14

Тип диода	Максимально допустимый (средний) прямой ток, А	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Постоянное (среднее) прямое напряжение, В	Обратный ток, при максимально допустимом обратном напряжении, мА	Интервал рабочих температур, °С	
					от	до
Д303	3,0*	150	0,35	1,0	—55	+70
Д303А	3,0*	150	0,35	1,2	—55	+55
Д304	5,0*	150	0,3	2,0	—55	+70
Д305	10*	50	0,35	2,5	—55	+70
Д242	10*	100	(1,2)	3	—60	+125
Д242А	10*	100	(1,0)	3	—60	+125
Д242Б	5*	100	(1,5)	3	—60	+125
Д243	10*	200	(1,2)	3	—60	+125
Д243А	10*	200	(1,0)	3	—60	+125
Д243Б	5*	200	(1,5)	3	—60	+125
Д244	10*	50	(1,0)	3	—60	+125
Д244А	10*	50	(1,0)	3	—60	+125
Д244Б	5*	50	(1,0)	3	—60	+125
Д245	10*	300	(1,2)	3	—60	+125
Д245А	10*	300	(1,0)	3	—60	+125
Д245Б	5*	300	(1,5)	3	—60	+125
Д246	10*	400	(1,2)	3	—60	+125
Д246А	10*	400	(1,0)	3	—60	+125
Д246Б	5*	400	(1,5)	3	—60	+125
Д247	10*	500	(1,2)	3	—60	+125
Д247Б	5*	500	(1,5)	3	—60	+125
Д248Б	5*	600	(1,5)	3	—60	+125
КД102А	0,1*	250	1	0,0001	—50	+100
КД102Б	0,1*	300	1	0,001	—50	+100
КД103А	0,1*	50	1	0,001	—55	+100
КД103Б	0,1*	50	1,2	0,001	—55	+100
КД104А	0,1*	300	1	0,003	—60	+70
КД105А	(0,3)	200	(1)	0,1	—60	+85
КД105Б	(0,3)	400	(1)	0,1	—60	+85
КД105В	(0,3)	600	(1)	0,1	—60	+85
КД105Г	(0,3)	800	(1)	0,1	—60	+85
2Д106А	0,3*	100	1	0,01	—60	+125
ГД107А	0,02*	15	1	0,02	—60	+60
ГД107Б	0,0025*	20	0,4	0,1	—60	+60
2Д108А	(0,1)	800	(1,5)	0,15	—60	+125
2Д108Б	(0,1)	1000	(1,5)	0,15	—60	+125
КД109А	(0,3)	100	(1)	0,1	—40	+85
КД109Б	(0,3)	300	(1)	0,1	—40	+85
КД109В	(0,3)	600	(1)	0,1	—40	+85
2Д201А	5	100	1	3	—60	+130
2Д201Б	10	100	1	3	—60	+130
2Д201В	5	200	1	3	—60	+130
2Д201Г	10	200	1	3	—60	+130
КД202А	5	50	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202Б	3,5	50	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202В	5	100	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202Г	3,5	100	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202Д	5	200	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202Е	3,5	200	0,9)	0,8	—60	+130
КД202Ж	5	300	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202И	3,5	300	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202К	5	400	(0,9)	0,8	—60	+130
КД202Л	3,5	400	(0,9)	0,8	—60	+130

Тип диода	Максимально допустимый (средний) прямой ток, А	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Постоянное (среднее) прямое напряжение, В	Обратный ток при максимально допустимом обратном напряжении, мА	Интервал рабочих температур, °С	
					от	до
КД202М	3,5	500	(0,9)	0,8	−60	+130
КД202Н	3,5	500	(0,9)	0,8	−60	+130
КД202Р	3,5	600	(0,9)	0,8	−60	+130
КД202С	3,5	600	(0,9)	0,8	−60	+130
КД203А	10	600	(1)	1,5	−60	+100
КД203Б	10	800	(1)	1,5	−60	+100
КД203В	10	800	(1)	1,5	−60	+100
КД203Г	10	1000	(1)	1,5	−60	+100
КД203Д	10	1000	(1)	1,5	−60	+100
КД204А	(0,4)	400	1,4	0,15	−55	+85
КД204Б	(0,6)	200	1,4	0,1	−55	+85
КД204В	(1,0)	50	1,4	0,05	−55	+85
КД205А	(0,5)	500	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205Б	(0,5)	400	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205В	(0,5)	300	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205Г	(0,5)	200	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205Д	(0,5)	100	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205Е	(0,3)	500	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205Ж	(0,5)	600	(1,0)	0,1	−40	+85
КД205И	(0,3)	700	(1)	0,1	−40	+85
КД205К	(0,7)	100	(1)	0,1	−40	+85
КД205Л	(0,7)	200	(1)	0,1	−40	+85
КД206А	10	400	1,2	0,7	−60	+125
КД206Б	10	500	1,2	0,7	−60	+125
КД206В	10	600	1,2	0,7	−60	+125
КД208А	1,5	100	1	0,05	−40	+85
КД209А	0,7	400	1	0,1	−60	+85
КД209Б	0,7	600	1	0,1	−60	+85
КД209В	0,5	800	1	0,1	−60	+85
2Д210А	(10)	800	(1)	1,5	−60	+125
2Д210Б	(10)	800	(1)	1,5	−60	+125
2Д210В	(10)	1000	(1)	1,5	−60	+125
2Д210Г	(10)	1000	(1)	1,5	−60	+125
2Д212А	1*	200	(1)	0,05	−60	+125
2Д213А	10*	200	(1)	0,2	−60	+125
2Д213Б	10*	200	(1, 2)	0,2	−60	+125

* Максимально допустимый средний выпрямленный ток.

Электрические параметры КЦ401

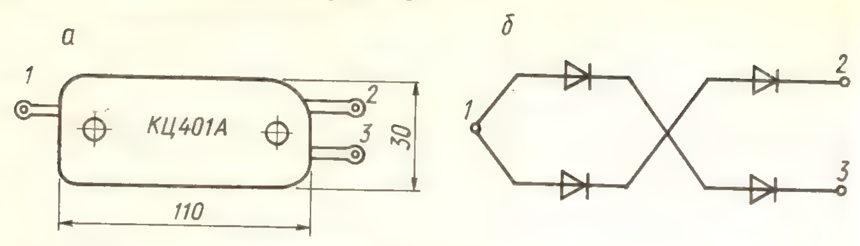


Рис. 4.33. Выпрямительные столбы КЦ401А:
а — внешний вид; *б* — схема соединения для удвоения напряжения

Постоянное прямое напряжение (при $I_{пр.\,ср\,max}$) на каждом плече не более ... 2,5 В.

Постоянный обратный ток при $U_{обр.\,max}$ не более... 100 мкА.

Параметры	Тип блока		
	КЦ401А, КЦ401Г КЦ401Д	КЦ401Б, КЦ401В	КЦ401Б, КЦ401Г КЦ401Д
	Схема удвоения		Схема моста
Средний выпрямленный ток, мА:			
1-е плечо	400, 500	200	250, 500, 400
2-е плечо	300, 500, 400	20	250, 500, 400
Постоянное обратное напряжение, В	500	500	500

Рис. 4.34. Выпрямительные столбы КЦ401Б:
а — внешний вид; *б* — схемы соединения для моста; *в* — схема соединения для удвоителя напряжения

а

Исполнение 1

Исполнение 2

КЦ401Б

б

в

Рис. 4.35. Варианты исполнения выпрямительного столба КЦ401Б:

а — внешний вид; б — схемы соединений для моста; в — схема соединения для удвоителя напряжений

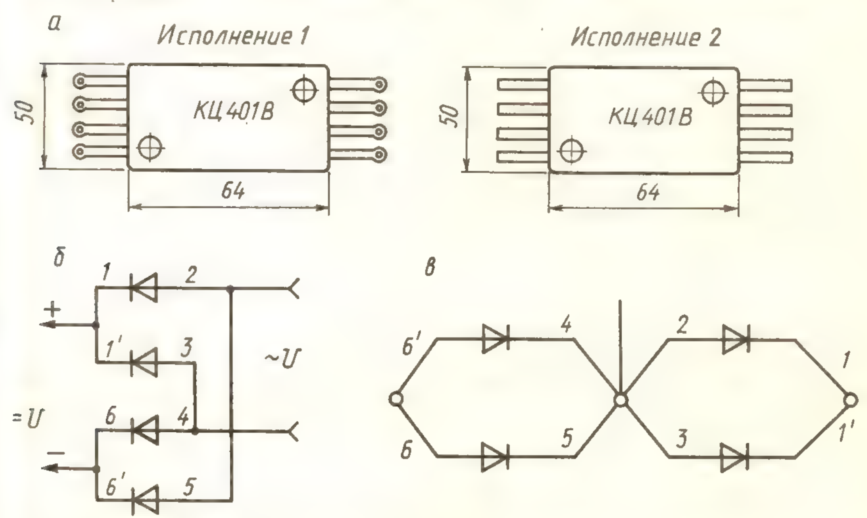


Рис. 4.36. Выпрямительные столбы КЦ401В:

а - варианты исполнения; б – схема соединений для моста; в — схема соединений для удвоителя напряжения

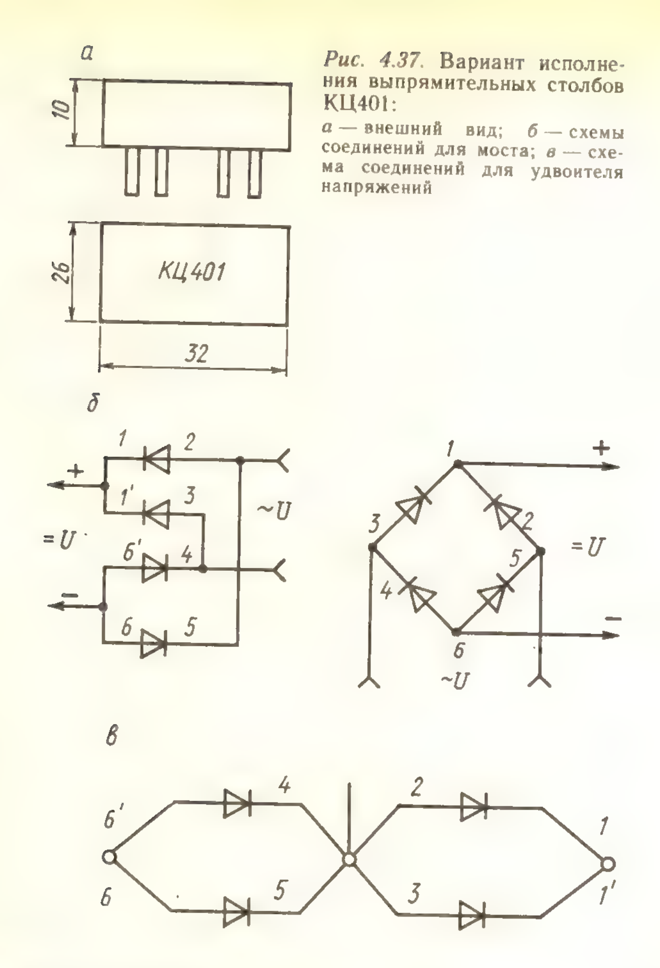


Рис. 4.37. Вариант исполнения выпрямительных столбов КЦ401:

а — внешний вид; *б* — схемы соединений для моста; *в* — схема соединений для удвоителя напряжений

Предельные эксплуатационные данные

Частота без снижения режимов...1кГц
Температура окружающей среды —50 °С до +60 °С
Температура корпуса +85 °С

Параметры блоков

КЦ402А, КЦ402Б, КЦ402В, КЦ402Г, КЦ402Д, КЦ402Е, КЦ402Ж, КЦ402И, КЦ403А, КЦ403Б, КЦ403В, КЦ403Г, КЦ403Д, КЦ403Е, КЦ403Ж, КЦ403И6, КЦ404А, КЦ404Б, КЦ404В, КЦ404Г, КЦ404Д, КЦ404Е, КЦ404Ж, КЦ404И, КЦ405А, КЦ405Б, КЦ405В, КЦ405Г, КЦ405Д, КЦ405Е, КЦ405Ж, КЦ405И.

Блоки из кремниевых диффузионных диодов

Выпускаются в пластмассовых корпусах с жесткими выводами: КЦ402А, КЦ402Б, КЦ402В, КЦ402Г, КЦ402Д, КЦ402Е, КЦ402Ж,

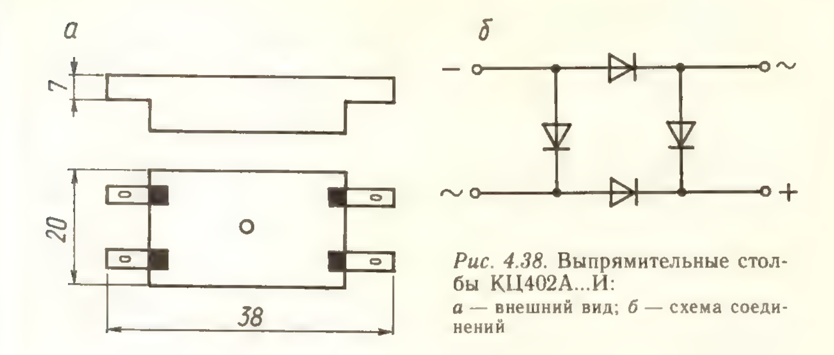


Рис. 4.38. Выпрямительные столбы КЦ402А...И:
а — внешний вид; *б* — схема соединений

КЦ402И — однофазный мост;

КЦ403А, КЦ403Б, КЦ403В, КЦ403Г, КЦ403Д, КЦ403Е, КЦ403Ж, КЦ403И — два электрически не соединенных между собой однофазных моста для навесного монтажа;

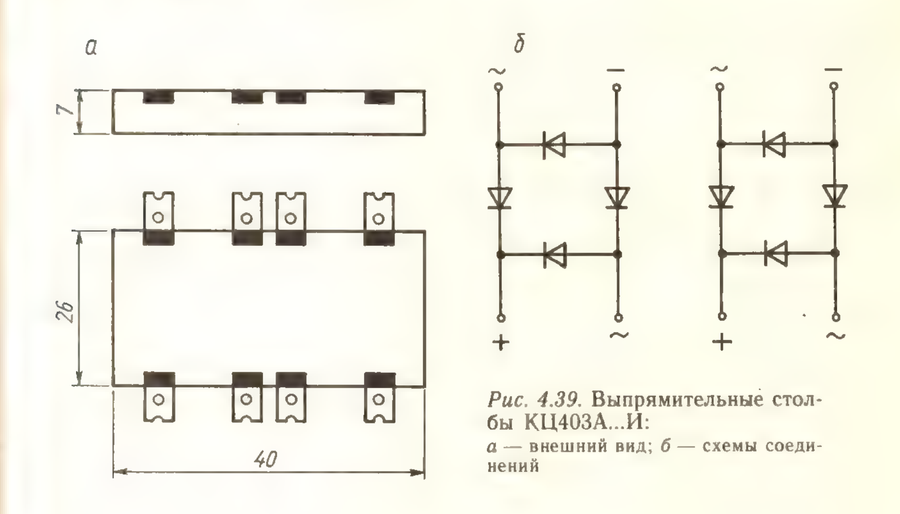


Рис. 4.39. Выпрямительные столбы КЦ403А...И:
а — внешний вид; *б* — схемы соединений

КЦ404А, КЦ404Б, КЦ404В, КЦ404Г, КЦ404Д, КЦ404Е, КЦ404Ж, КЦ404И — два электрически не соединенных между собой однофазных моста для навесного монтажа с держателями предохранителей типа ПМ;

Рис. 4.40. Выпрямительные столбы КЦ404А...И:

а — внешний вид; *б* — схемы соединений

КЦ405А, КЦ405Б, КЦ405В, КЦ405Г, КЦ405Д, КЦ405Е, КЦ405Ж, КЦ405И — однофазный мост для монтажа на печатную плату. Обозначения типа и схемы соединения электродов с выводами приводятся на корпусе.

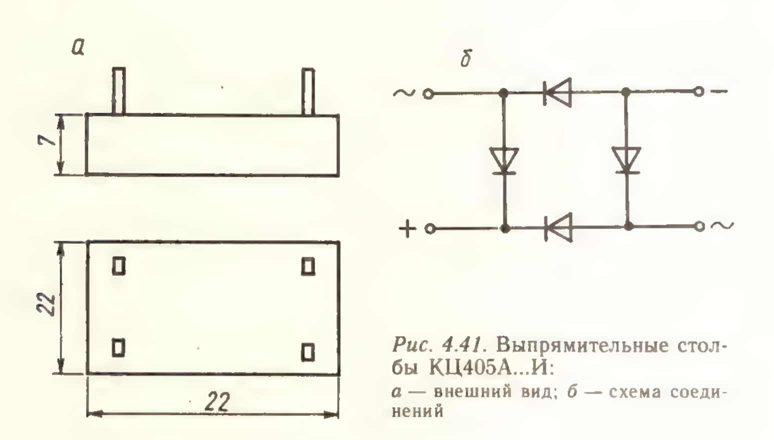


Рис. 4.41. Выпрямительные столбы КЦ405А...И:

а — внешний вид; *б* — схема соединений

Электрические параметры

Напряжение короткого замыкания при максимальном среднем выпрямленном токе не более: при температуре +25 °С — 4 В
при температуре +65 °С — 4,5 В

Ток холостого хода при максимальном импульсном обратном напряжении не более: при температуре +25 °С — 125 мкА
при температуре +65 °С — 250 мкА

Предельные эксплуатационные данные

Импульсное обратное напряжение:
КЦ402А, КЦ402Ж, КЦ403А, КЦ403Ж, КЦ404А, КЦ404Ж, КЦ405А, КЦ405Ж — 600 В
КЦ402Б, КЦ402И, КЦ403Б, КЦ403И, КЦ404Б, КЦ404И, КЦ405Б, КЦ405И — 500 В
КЦ402В, КЦ403В, КЦ404В, КЦ405В — 400 В
КЦ402Г, КЦ403Г, КЦ404Г, КЦ405Г — 300 В
КЦ402Д, КЦ403Д, КЦ404Д, КЦ405Д — 200 В
КЦ402Е, КЦ403Е, КЦ404Е, КЦ405Е — 100 В
Средний выпрямленный ток на частоте — 5 кГц:
КЦ402А, КЦ402Б, КЦ402Г, КЦ402Д, КЦ402Е, КЦ403А, КЦ403Б, КЦ403Г, КЦ403Д, КЦ403Е, КЦ404А, КЦ404Б, КЦ404Г, КЦ404Д, КЦ404Е, КЦ405А, КЦ405Б, КЦ405Г, КЦ405Д, КЦ405Е — 1000 мА
КЦ402Ж, КЦ402И, КЦ403Ж, КЦ403И, КЦ404Ж, КЦ404И, КЦ405Ж, КЦ405И — 600 мА
Частота без снижения режимов — 5 кГц
Температура окружающей среды от −35 °С до +85 °С

КЦ412А, КЦ412Б, КЦ412В

Блоки кремниевых диффузионных диодов выпускаются в пластмассовом корпусе с гибкими выводами. Тип прибора и схема соединения электродов с выводами приводятся на корпусе. Диоды в блоке собраны по однофазной мостовой схеме.

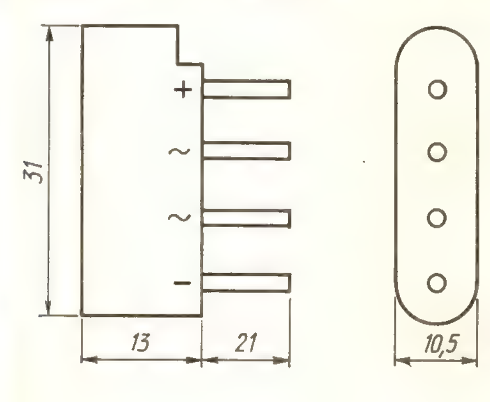


Рис. 4.42. Выпрямительные столбы КЦ412

Электрические параметры

Напряжение короткого замыкания при токе короткого замыкания 500 мА не более . . . . 1,2 В
Средний обратный ток холостого хода при максимальном импульсном обратном напряжении холостого хода не более . . . . . . 50 мкА.

Предельные эксплуатационные данные

Импульсное обратное напряжение холостого хода:

КЦ412А . . . . 50 В

КЦ412Б . . . . 100 В

КЦ412В . . . . 200 В

Средний выпрямленный ток . . . . 1 А

Импульсный перегрузочный выпрямленный ток в течение одного периода частотой 50 Гц с интервалом следования не менее 1 ч — 15 А

Температура окружающей среды . . . . . . от −35 °С до +100 °С.

Таблица 4.15. **Основные параметры импульсных диодов**

Тип диода	Максимально допустимый импульсный ток, мА, при длительности 10 мкс	Максимально допустимый выпрямленный ток, мА	Прямое импульсное напряжение, В, не более	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Максимальный обратный ток, мкА	Время восстановления, мкс	Емкость диода, пФ	Интервал рабочих температур, °С	
								от	до
Д18	50	16	5	20	50	0,1	0,5	−40	+60
Д20	50	16	1	20	100	0,07	0,5	−40	+60
Д219А	500	50	2,5	70	1	0,5	15	−55	+100
Д220	500	50	3,75	50	1	0,5	15	−55	+100
Д220А	500	50	3,75	70	1	0,5	15	−55	+100
Д220Б	500	50	3,75	100	1	0,5	15	−55	+100
Д310	800	250	2,5	20	2	0,3	15	−55	+60
Д311	500	40	1,25	30	100	0,05	1,5	−40	+60
Д311А	600	80	1	30	100	0,05	3,0	−40	+60
Д312	500	50	1,25	100	100	0,5	3,0	−40	+60
Д312А	500	50	1,25	75	100	0,5	3,0	−40	+60
КД503А	200	20	2,5	30	10	0,01	5	−40	+85
КД503Б	200	20	3,5	30	10	0,01	2,5	−40	+85
КД503В	200	10	—	10	1	50	6	0	+70
КД504А	—	240	2	40	2	—	2	−55	+100
ГД507А	100	16	—	20	50	0,1	0,8	−40	+60
ГД508А	30	10	1,5	8	60	—	0,75	−40	+55
ГД508Б	30	10	1,5	8	100	—	0,75	−40	+55
КД509А	1500	100	1,1	50	5	0,004	4	−55	+85
КД510А	1500	200	1,1	50	5	0,004	4	−60	+85
ГД511А	50	15	0,6	12	50	—	1	−55	+70
ГД511Б	50	15	0,6	12	100	—	1	−55	+70
ГД511В	50	15	0,6	12	200	—	1	−55	+70
КД512А	200	20	1	15	5	0,004	1	−40	+85
КД513А	1500	100	1,1	50	5	0,004	4	−55	+85
КД514А	50	10	1	10	5	—	0,9	−40	+70
АД516А	30	2	—	10	2	5*	0,5	−60	+100
АД516Б	30	2	—	10	2	5*	0,35	−60	+100
КД518А	1500	100	0,57	—	—	—	—	−60	+85
КД519А	300	30	—	30	5	400*	4	−40	+85
КД519Б	300	30	—	30	5	400*	2,5	−40	+85
КД520А	50	10	1,0	15	1	0,004	3	−60	+100
КД521А	500	50	1,75	15	1	0,004	10	−60	+125
КД521Б	500	50	1,75	60	1	0,004	10	−60	+125
КД521В	500	50	1,75	50	1	0,004	10	−60	+125
КД521Г	500	50	1,75	30	1	0,004	10	−60	+125
КД521Д	500	50	1,75	12	1	0,004	10	−60	+125

Тип диода	Максимально допустимый импульсный ток, мА, при длительности 10 мкс	Максимально допустимый выпрямленный ток, мА	Прямое импульсное напряжение, В, не более	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Максимальный обратный ток, мкА	Время восстановления, мкс	Емкость диода, пФ	Интервал рабочих температур, °С	
								от	до
КД522А	1500	100	—	30	2	0,004	4	−55	+85
КД522Б	1500	100	—	50	5	0,004	4	−55	+85
КД524А	400	40	—	24	2	250*	3	−60	+125
КД524Б	400	40	—	30	2	300*	2,5	−60	+125
КД524В	400	40	—	15	2	300*	4	−60	+125

* Заряд переключения, пКл.

Таблица 4.16. **Основные параметры высокочастотных диодов**

Тип диода	Постоянный прямой ток, мА, при прямом напряжении 1 В	Максимально допустимый выпрямленный ток, мА	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Максимальный обратный ток, мкА (при обратном напряжении, В)	Максимальная рабочая частота, МГц	Емкость диода, пФ	Интервал рабочих температур, °С	
							от	до
Д2Б	5	16	30	100 (10)	150	1	−55	+60
Д2В	9	25	40	250 (30)	150	1	−55	+60
Д2Г	2	16	75	250 (50)	150	1	−55	+60
Д2Д	4,5	16	75	250 (50)	150	1	−55	+60
Д2Е	4,5	16	100	250 (100)	150	1	−55	+60
Д2Ж	2	8	150	250 (150)	150	1	−55	+60
Д2И	2	16	100	250 (100)	150	1	−55	+60
Д9Б	90	40	10	250 (10)	40	1...2	−55	+60
Д9В	10	20	30	250 (30)	40	1...2	−55	+60
Д9Г	30	30	30	250 (30)	40	1...2	−55	+60
Д9Д	60	30	30	250 (30)	40	1...2	−55	+60
Д9Е	30	20	50	250 (50)	40	1...2	−55	+60
Д9Ж	10	15	100	250 (100)	40	1...2	−55	+60
Д9И	30	30	30	120 (30)	40	1...2	−55	+60
Д9К	60	30	30	60 (30)	40	1...2	−55	+60
Д9Л	30	15	100	250 (100)	40	1...2	−55	+60
Д10	—	3*	10	100	150	1	−60	+70
Д10А	—	5*	10	200	150	1	−60	+70
Д10Б	—	8*	10	200	150	1	−60	+70
Д11	100	20	30	250 (30)	150	1	−60	+70
Д12	50	20	50	250 (50)	150	1	−60	+70
Д12А	100	20	50	250 (50)	150	1	−60	+70
Д13	100	20	75	250 (75)	150	1	−60	+70
Д14	30	20	100	250 (100)	150	1	−60	+70
Д14А	100	20	100	250 (100)	150	1	−60	+70
Д101	2**	30	100	10 (75)	200	0,5	−55	+100
Д101А	1	30	100	10 (75)	200	0,5	−55	+100
Д102	2**	30	75	10 (50)	200	0,5	−55	+100
Д102А	1	30	75	10 (50)	200	0,5	−55	+100

Тип диода	Постоянный прямой ток, мА, при прямом напряжении 1 В	Максимально допустимый выпрямленный ток, мА	Максимально допустимое обратное напряжение, В	Максимальный обратный ток, мкА (при обратном напряжении, В)	Максимальная рабочая частота, МГц	Емкость диода, пФ	Интервал рабочих температур, °С	
							от	до
Д103	2**	30	30	30 (30)	200	0,5	−55	+100
Д103А	1	30	30	30 (30)	200	0,5	−55	+100
Д104	2**	30	100	10 (75)	600	0,6	−55	+100
Д104А	1	30	100	10 (75)	600	0,6	−55	+100
Д105	2**	30	75	10 (50)	600	0,6	−55	+100
Д105А	1	30	75	10 (50)	600	0,6	−55	+100
Д106	2**	30	30	30 (30)	600	0,6	−55	+100
Д106А	1	30	30	30 (30)	600	0,6	−55	+100
Д223	50	50	50	1 (50)	20	—	−55	+100
Д223А	50	50	100	1 (100)	20	—	−55	+100
Д223Б	50	50	150	1 (150)	20	—	−55	+100
КД401А	5	30	75	5 (75)	0,15	1	−55	+100
КД401Б	5	30	75	5 (75)	0,15	1,5	−55	+100
ГД402А	—	25	15	100 (10)	100	0,8	−55	+60
ГД402Б	—	25	15	100 (10)	100	0,5	−55	+60
ГД403А	5***	—	5	—	—	—	−25	+55
ГД403Б	5***	—	5	—	—	—	−25	+55
ГД403В	5***	—	5	—	—	—	−25	+55
ГД404АР	20	—	3	—	—	—	−60	+60
КД407А	—	50	24	0,5 (24)	1000	1	−55	+100
КД409А	—	50	24	0,5 (24)	1000	2	−55	+100

* При $f=70$ МГц, $U=1{,}5$ В и $R_н=0$.
** При $U=0{,}5$ В.
*** При $U=2$ В.

Таблица 4.17. **Основные параметры стабилитронов и стабисторов**

Тип	Напряжение стабилизации, В	Ток стабилизации, мА		Максимально допустимый прямой ток, мА	Дифференциальное сопротивление, Ом	Температурный коэффициент напряжения стабилизации, % /°С	Максимально допустимая рассеиваемая мощность, Вт
		минимальный	максимальный				
Стабилитроны							
Д808	7...8,5	3	33	50	6	+0,07	0,28
Д809	8...9,5	3	29	50	10	+0,08	0,28
Д810	9...10,5	3	26	50	12	+0,09	0,28
Д811	10...12	3	23	50	15	+0,095	0,28
Д813	11,5...14	3	20	50	18	+0,095	0,28
Д814А	7...8,5	3	40	50	6	+0,07	0,28
Д814Б	8...9,5	3	36	50	10	+0,08	0,34
Д814В	9...10,5	3	32	50	12	+0,09	0,34
Д814Г	10...12	3	29	50	15	+0,095	0,34
Д814Д	11,5...14	3	24	50	18	+0,095	0,34
Д815А	5,6	50	1400	1000	0,9	0,056	0,34
Д815Б	6,8	50	1150	1000	1,2	0,062	8
						0,088	8

Продолжение табл. 4.17

Тип	Напряжение стабилизации, В	Ток стабилизации, мА		Максимально допустимый прямой ток, мА	Дифференциальное сопротивление, Ом	Температурный коэффициент напряжения стабилизации, %/°C	Максимально допустимая рассеиваемая мощность, Вт
		минимальный	максимальный				
Д815В	8,2	50	950	1000	1,5	0,10	8
Д815Г	10	25	800	1000	2,7	0,11	8
Д815Д	12	25	650	1000	3,0	0,13	8
Д815Е	15	25	550	1000	3,8	0,14	8
Д815Ж	18	25	450	1000	4,5	0,06	8
Д815И	4,7	25	1400	1000	0,82	0,15	8
Д816А	22	10	230	1000	10	0,15	5
Д816Б	27	10	180	1000	12	0,15	5
Д816В	33	10	150	1000	15	0,15	5
Д816Г	39	10	130	1000	18	0,15	5
Д816Д	47	10	110	1000	22	0,18	5
Д817А	56	5	90	1000	47	0,18	5
Д817Б	68	5	75	1000	56	0,18	5
Д817В	82	5	60	1000	68	0,18	5
Д817Г	100	5	50	1000	82	+0,02	5
Д818А	9	3	33	—	25	−0,02	0,3
Д818Б	9	3	33	—	25	±0,01	0,3
Д818В	9	3	33	—	25	±0,005	0,3
Д818Г	9	3	33	—	25	±0,002	0,3
Д818Д	9	3	33	—	25	±0,001	0,3
Д818Е	9	3	33	—	25	−0,11	0,3
КС133А	3,3	3	81	50	65	−0,10	0,3
КС139А	3,9	3	70	50	60	−0,09	0,3
КС147А	4,7	3	58	50	56	+0,01	0,3
КС156А	5,6	3	55	50	46	±0,05	0,3
КС162А	6,2	3	22	—	35	−0,06	0,15
КС168А	6,8	3	45	50	28	±0,06	0,3
КС168В	6,8	3	20	—	28	±0,05	0,15
КС170А	7,0	3	20	—	20	±0,01	0,15
КС175А	7,5	3	18	—	16	±0,04	0,45
2С175Е	7,5	3	20	20	30	0,10	0,15
2С175Ж	7,5	0,5	17	50	40	+0,07	0,125
КС182А	8,2	3	17	—	14	+0,05	0,15
2С182Е	8,2	3	18	20	30	0,1	0,15
2С182Ж	8,2	0,5	15	50	40	+0,08	0,125
КС191А	9,1	3	15	—	18	+0,06	0,15
КС191М	9,1	5	15	—	18	±0,005	0,15
КС191Н	9,1	5	15	—	18	±0,002	0,15
КС191П	9,1	5	15	—	18	±0,001	0,15
КС191Р	9,1	5	15	—	18	±0,0005	0,15
2С191Е	9,1	3	16	20	30	0,1	0,15
2С191Ж	9,1	0,5	14	50	40	+0,09	0,125
КС196А	9,6	3	20	—	18	±0,005	0,2
КС196Б	9,6	3	20	—	18	±0,0025	0,2
КС196В	9,6	3	20	—	18	±0,001	0,2
КС196Г	9,6	3	20	—	18	±0,0005	0,2
КС210Б	10	3	14	—	22	+0,07	0,15
2С210Е	10	3	15	20	30	0,1	0,15
2С210Ж	10	0,5	13	50	40	+0,09	0,125
КС211Б	11	5	33	—	15	+0,02	0,28
КС211В	11	5	33	—	15	−0,02	0,28
КС211Г	11	5	33	—	15	±0,01	0,28

Тип	Напряжение стабилизации, В	Ток стабилизации, мА		Максимально допустимый прямой ток, мА	Дифференциальное сопротивление, Ом	Температурный коэффициент напряжения стабилизации, %/°С	Максимально допустимая рассеиваемая мощность, Вт
		минимальный	максимальный				
КС211Д	11	5	33	—	15	±0,005	0,28
2С211И	11	3	13	—	23	+0,07	0,15
2С211Е	11	3	14	20	30	0,1	0,15
2С211Ж	11	0,5	12	50	40	+0,092	0,125
2С212В	12	0,5	12	—	24	+0,075	0,15
2С212Е	12	0,5	13	20	30	0,1	0,15
2С212Ж	12	0,5	11	50	40	+0,095	0,125
КС213Б	13	0,5	10	—	25	+0,08	0,15
2С213Е	13	0,5	12	20	30	0,1	0,15
2С213Ж	13	0,5	10	50	40	+0,095	0,125
2С215Ж	15	0,5	8,3	50	70	0,1	0,125
2С216Ж	16	0,5	7,8	50	70	0,1	0,125
2С218Ж	18	0,5	6,9	50	70	0,1	0,125
2С220Ж	20	0,5	6,2	50	70	0,1	0,125
2С222Ж	22	0,5	5,7	50	70	0,1	0,125
2С224Ж	24	0,5	5,2	50	70	0,1	0,125
КС433А	3,3	3	191	—	25	−0,1	1,0
КС439А	3,9	3	176	—	25	−0,1	1,0
КС447А	4,7	3	159	—	18	−0,08 +0,03	1,0
КС456А	5,6	3	139	—	12	+0,05	1,0
КС468А	6,8	3	119	—	5	+0,065	1,0
КС482А	8,2	1	96	50	25	0,08	1,0
КС510А	10	1	79	50	25	0,1	1,0
КС512А	12	1	67	50	25	0,1	1,0
КС515А	15	1	53	50	25	0,1	1,0
КС518А	18	1	45	50	25	0,1	1,0
КС520В	20	3	22	—	120	+0,01	0,5
КС522А	22	1	37	50	25	0,1	1,0
2С524А	24	1	33	50	30	0,1	1,0
КС527А	27	1	30	50	40	0,1	1,0
2С530А	30	1	27	50	45	0,1	1,0
КС531В	31	3	15	—	50	±0,005	0,5
КС533А	33	3	17	—	40	0,1	0,64
2С536А	36	1	23	50	50	0,1	1,0
КС547В	47	3	10	—	280	±0,01	0,5
2С551А	51	1	14,6	50	200	0,12	1,0
КС568В	68	3	10	—	400	±0,01	0,72
2С591А	91	1	8,8	50	400	0,12	1,0
КС596В	96	3	7	—	560	±0,01	0,72
2С600А	100	1	8,1	50	450	0,12	1,0
КС620А	120	5	42	1000	150	+0,2	5
КС630А	130	5	38	1000	180	+0,2	5
КС650А	150	2,5	33	1000	270	+0,2	5
КС680А	180	2,5	28	1000	330	+0,2	5
2С920А	120	5	42	1000	100	0,16	5
2С930А	130	5	38	1000	120	0,16	5
2С950А	150	2,5	33	1000	170	0,16	5
2С980А	180	2,5	28	1000	220	0,16	5
Стабисторы							
Д219С	1,0	—	—	50	—	—	—

Тип	Напряжение стабилизации, В	Ток стабилизации, мА		Максимально допустимый прямой ток, мА	Дифференциальное сопротивление, Ом	Температурный коэффициент напряжения стабилизации, %/°С	Максимально допустимая рассеиваемая мощность, Вт
		минимальный	максимальный				
Д220С	1,5	—	—	50	—	—	—
Д223С	1,0	—	—	50	—	—	—
2С107А	0,7	1	100	500	7	2*	—
2С113А	1,3	1	100	200	12	—3*	—
2С119А	1,9	1	100	200	15	—4*	—

* В милливольтах на градус.

Примечание. Стабилитроны типов Д815...Д817, КС620...КС680, 2С920...2С980 с буквой П в конце обозначения (например, Д817АП) имеют обратную полярность выводов (минус на корпусе при прямом включении).

Основные параметры некоторых стабилитронов зарубежного производства приведены в табл. 4.18.

Особенность маркировки стабилитронов зарубежного производства заключается в том, что напряжение стабилизации, как правило, указывается в его маркировке. Например, *AZ*3,9 — напряжение стабилизации равно 3,9 В. Имеются ряды величин напряжений стабилизации Е24 и Е12. В ряды входят следующие численные значения:

Е24: 10-11-12-13-15-16-18-20-22-24-27-30-33-36-39-43-51-56-62-68-75-82-91

Е12: 10-12-15-18-22-27-33-39-47-56-68-82

Использовать численные значения следует, как и отечественные. Например, в справочных данных сказано, что стабилитроны данной серии имеют напряжения стабилизации ряда Е24 от 1,2 до 2,0 вольт. Это надо понимать, что величины напряжений стабилизации равны: 1,2; 1,3; 1,5, 2,0 вольт по числам ряда Е24.

Пример из табл. 4.18: стабилитрон *AZ*(*) — в колонке (3) указаны величины напряжений стабилизации $U_{ст}$ 3,3...13 В, ряд Е24 ± 5 % — это означает, что имеются стабилитроны на $U_{ст}$: 3,3В; 3,6В; 3,9В; 4,3В; 4,7В; 5,1В; 5,6В; 6,2В; 6,8В; 7,5В; 8,2В; 9,18В; 10В; 11В; 12В; 13В. Стабилитрон с $U_{ст}$ = 3,3 В обозначится AZ3,3.

Таблица 4.18. **Основные параметры стабилитронов зарубежного производства**

Тип стабилитрона	Мощность при температуре Р(Вт)/t°(С)	Номинальное напряжение стабилизации
1	2	3
AZ(*)	0,25/25а	$U_{ст}$=3,3...13 В, ряд Е24±5 %
AZ(*)	0,25/25а	$U_{ст}$=15...27 В, ряд Е 12±10 %
BZ0,9	0,25/25а	$U_{ст}$=0,9 В при $I_{ст}$=5 ма
BZ(*)	0,25/25а	$U_{ст}$=3,6...9,1 В, ряд Е 24±5 %
BZ102/(*)	0,25/45а	$U_{ст}$=0,7—1,4—2,1—2,8—3,4 В
BZ103...112	0,4/25а	$U_{ст}$=6,8...33, ряд Е 12±10 %

1	2	3
BZ115D(*)	10/25c	$U_{ст}$=12 и 22 В
BZD10c(?)	1,3/25a	$U_{ст}$=3,3...200 В, ряд Е 24±5 %
BZC(*)	0,2/25a	$U_{ст}$=1,8...3,3 В, ряд Е 12±12 %
BZV10,1,2,3	0,4/25a	$U_{ст}$=6,5 В
BZV16C(*)	3/25a	$U_{ст}$=6,8...100 В, ряд Е 24±5 %
BZV27...31	0,4/25a	$U_{ст}$=6,2 В
BZV32...6	0,5/25a	$U_{ст}$=7,5 В
BZV39C/(*)	0,5/25a	$U_{ст}$=0,8 и 2,4 В...75 В, ряд Е 24
BZW70/(*)	3000	$U_{ст}$=5,6...62 В, ряд Е 24
BZW86/(*)	60000	$U_{ст}$=7,5...62 В, ряд Е 24
BZW91/(*)	27000	$U_{ст}$=5,6...62 В, ряд Е 24
BZW93,5/(*)	3000	$U_{ст}$=5,6...62 В, ряд Е 24
BZW96	3000	$U_{ст}$=3,9...75 В, ряд Е 24
BZX10...27	0,4/25a	$U_{ст}$=6,2...33 В, ряд Е 24
BZX29C(*)	1,5/25a	$U_{ст}$=4,7...56 В, ряд Е 24±5 %
BZX30C(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=3,3...27 В, ряд Е 24±5 %
BZX33,34*	0,2/25a	$U_{ст}$=8,6 В
BZX35	0,2/25a	$U_{ст}$=10 В
BZX43,4,5	—	$U_{ст}$=6,7 В
BZX46C(*)	0,24/25a	$U_{ст}$=5,1...24 В, ряд Е 24±5 %
BZX48,9,50	0,1/80a	$U_{ст}$=6,5 В
BZX51 2, 3, 4	0,25/45a	$U_{ст}$=8,6 В
BZX55C(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=0,78 и 5,1...24 В, ряд Е 24±5 %
BZX62	0,25/25a	$U_{ст}$=0,725 В при $I_{ст}$=10 мА
BZX67C(*)	10/45C	$U_{ст}$=12...200 В, ряд Е 24±5 %
BZX67C(*)	10/45C	$U_{ст}$=12...200 В, ряд Е 24±5 %
BZX69C(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=7,5...12 В, ряд Е 24±5 %
BZX71C(*)	0,4/50a	$U_{ст}$=5,1...24 В, ряд Е 24±5 %
BZX74C(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=5,6...12 В, ряд Е 24±5 %
BZX83C(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=5,1...24 В, ряд Е 24±5 %
BZX85V(*)	1/25a	$U_{ст}$=5,1...24 В, ряд Е 24±5 %
BZX96C(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=2,7...33 В, ряд Е 24±5 %
BZX97C(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=0,78 и 2,4...33 В, ряд Е 24
BZX98C(*)	12/25C	$U_{ст}$=3,9...200 В, ряд Е 24±5 %
BZУ14...21	0,4/25a	$U_{ст}$=5,6...22 В, ряд Е 12±10 %
BZУ22, 23, 24, 25	0,2/45a	$U_{ст}$=8,4 В при $I_{ст}$=5 мА
BZУ56...63	0,25/25a	$U_{ст}$=4,7...9,1 В, ряд Е 24±5 %
BZУ64...69	0,25/25a	$U_{ст}$=4,3—5,1—6,2—7,5—9,1—12 В (±10 %)
BZУ70, 71	1/100a	$U_{ст}$=8,1 В при $I_{ст}$=100 мА
BZУ74...76	10/50C	$U_{ст}$=6,25—7,5—9,2 В (±10 %)
BZУ78	0,28/25a	$U_{ст}$=5,3 В
BZУ83C,D(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=4,7...22 В, ряд Е 24±5 %
BZУ85/D(*)	0,25/45a	$U_{ст}$=2,7...33 В, ряд Е 24±5 %
BZУ87	0,25/45a	$U_{ст}$=4,7...22 В, ряд Е 12±10 %
BZУ88C(*)	0,2/45a	$U_{ст}$=0,7 В
BZУ91C(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=3,3...30 В, ряд Е 24±5 %
BZУ92C(*)	60/50C	$U_{ст}$=10...75 В, ряд Е 24±5 %
BZУ93C(*)	1,1/45a	$U_{ст}$=3,9...36 В, ряд Е 24±5 %
BZУ95C(*)	20/75C	$U_{ст}$=8,2...75 В, ряд Е 24±5 %
BZУ85/C(*)	1,5/25a	$U_{ст}$=10...75 В, ряд Е 24±5 %
BZУ96C(*)	1,5/25a	$U_{ст}$=4,7...9,1 В, ряд Е 24±5 %
BZУ97C(*)	1,3/25a	$U_{ст}$=3,3...200 В, ряд Е 24±5 %
BZZ1, 8, 2, 2	0,2/25a	$U_{ст}$=1,8 и 2,2 В при $I_{ст}$=5 мА
BZZ10...13	0,23/45a	$U_{ст}$=6—6,5—7,2—8 В (±15 %)
BZZ14...29	10/50c	$U_{ст}$=5,6...24 В, ряд Е 24±5 %
C4011...29	0,4/25a	$U_{ст}$=6,2...36 В, ряд Е 24±10 %
DZ(*)A	0,5/25a	$U_{ст}$=10...82 В, ряд Е 12±10 %
DZ(*)B	0,5/25a	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е 12±10 %

1	2	3
ESM112(*)	30 000	$U_{ст}$=15...470 В, ряд Е 12
ESM233(*)	3700	$U_{ст}$=15...470 В, ряд Е 12
EZ(*)A	1/25a	$U_{ст}$=6,8...82 В, ряд Е 12±10 %
EZ(*)B	1/25a	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е 12±10 %
FDZ(*)A	3/25c	$U_{ст}$=10...82 В, ряд Е 12±10 %
FDZ(*)B	3/25c	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е 12±10 %
FPZ(*)	1/25a	$U_{ст}$=5,6...12 В, ряд Е 24±5 %
G129, 130	—	$U_{ст}$=0,6 В при $I_{ст}$=1 мА
GZ(*)A	10/75c	$U_{ст}$=6,8...180 В, ряд Е 12±10 %
KVR8, 6A	0,2/25a	$U_{ст}$=8,6 В
KVR10	0,2/25a	$U_{ст}$=10 В
MD1...4	—	$U_{ст}$=0,7—1,4—2,1—2,7 В при $I_{ст}$=10 мА
M(*)Z	0,4/25a	$U_{ст}$=9,1...33 В, ряд Е 24
MZ(*)A,B	0,25/25a	$U_{ст}$=5,6...180 В, ряд Е 12
MZ(*)T	0,75/25a	$U_{ст}$=3,9...30 В, ряд Е 24±10 %
MZ92-(*)	0,5/25a	$U_{ст}$=2,4...200 В, ряд Е 24±20 %
MZ4614...27	0,25/25a	$U_{ст}$=1,8...6,2 В, ряд Е 24 ±5 %
OAZ200...207	0,25/50a	$U_{ст}$=4,7—5,1—5,6—6,2—6,8—7,5—8,2—0,1 (±20 %)
PZ(*)A	10/75c	$U_{ст}$=6,8...180 В, ряд Е 12±10 %
PV6.2	0,25/25a	$U_{ст}$=6,2 В
PZ(*)	0,1/25a	$U_{ст}$=3,3...27 В, ряд Е 24±5 %
PZ(*)A	20/100c	$U_{ст}$=6,8...180 В, ряд Е±10 %
TDZ1, 2, 3	0,1/25a	$U_{ст}$=5,6—6,5—10,6 В (±10 %)
TDZ4, 5	0,1/25a	$U_{ст}$=6,5—10,6 В (±10 %)
Z(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=3,3...33 В, ряд Е 24±5 %
Z(*)K	0,25/45a	$U_{ст}$=1,3,4...22 В (±10 %)
ZC0(*)	0,6/25a	$U_{ст}$=8...33 В (±6 %)
ZC20(*)	1,8/25a	$U_{ст}$=8...33 В (±6 %)
ZC50(*)	10/25c	$U_{ст}$=8...99 В (±6 %)
ZC7(*)	100/25c	$U_{ст}$=8...99 В (±6 %)
ZC240, 1	0,4/25a	$U_{ст}$=24 В
ZD(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=6,8...56 В, ряд Е 12±12 %
ZD(*)	1,4/45A	$U_{ст}$=3,9...200 В, ряд Е 24±5 %
ZE1, 5	—	$U_{ст}$=1,5 В, $I_{ст}$=33 мА при =45 °С
ZE2	—	$U_{ст}$=2 В, $I_{ст}$=22 мА при =45 °С
ZE(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=6,9—9,4—12,7—17,2—23,2—31 В (±15 %)
ZF(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=2,7 В...33 В (±5 %)
ZF(*)A	1/25a	$U_{ст}$=6,8...82 В, ряд Е 12±10 %
ZF(*)B	1/25a	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е 12±10 %
ZG(*)	0,4/25a	$U_{ст}$=1,2,7...33 В±10 %
ZG(*)	10/45a	$U_{ст}$=1,5...180 В±10 %
ZM(*)	1,1/45a	$U_{ст}$=3,9...180 В, ряд Е 12±10 %
ZP(*)	330/45a	$U_{ст}$=2,7...33 В±5 %
ZPD(*)	0,5/25a	$U_{ст}$=0,7; 2,7...33 В, ряд Е 24
ZPU(*)	1,4/25a	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е12
ZPY(*)	1,4/25a	$U_{ст}$=0,7,3,9...100 В, ряд Е 24
ZTE1, 5, 2	0,16/25a	$U_{ст}$=1; 5 В
ZTK11, 22, 23	0,3/25a	$U_{ст}$=11—22—33 В±10 %
ZV(*)	1,3/25a	$U_{ст}$=3,9...180 В, ряд Е 12±10 %
ZW(*)	0,6/90a	$U_{ст}$=2,7...33 В, ряд Е 24±5 %
ZX(*)	10/45a	$U_{ст}$=3,9...36 В ±5 %
ZY(*)	1,3/25a	$U_{ст}$=3,9...200 В, ряд Е 24±5 %
ZZ(*)	0,25/25a	$U_{ст}$=3,3...33 В, ряд Е 24±5 %
Z4X(*)	1/25a	$U_{ст}$=5,1...14 В±5 %
Z4XG(*)	1/25a	$U_{ст}$=6,2—7,5—9,1—12—14—16—18—22 В (±20 %)

1	2	3
02BZ(*)	0,25/25а	$U_{ст}$=2,2...4,7 В, ряд Е 12
02Z(*)	0,25/25а	$U_{ст}$=5,6...24 В, ряд Е 24
1N702...07	0,25/50а	$U_{ст}$=2,6—3,5—4,1—4,9—5,8—7,1 В (±15 %)
1N708...44	0,25/50а	$U_{ст}$=5,6...180 В, ряд Е 24±10 %
1N746...59	0,4/25а	$U_{ст}$=2,4...12 В, ряд Е 24±10 %
1N761...69	0,4/25а	$U_{ст}$=4,8—5,6—7,1—9,1—11,5—16—19—24 В (±15 %)
1N821, 2*, 3*	0,4/25а	$U_{ст}$=6,2 В
1N824, 5*, 6*	0,4/25а	$U_{ст}$=6,2 В
1N935, 6*, 7	0,5/25а	$U_{ст}$=9 В
1N957...992	0,4/25а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N1313...27	0,15/25а	$U_{ст}$=8,8—10,5—12,8—15,8—19—23,5—35——41—49—58—71—88—105—128 В (±10 %)
1N1351...75	10/55с	$U_{ст}$=10...100 В, ряд Е 24±10 %
1N1602...09	10/55с	$U_{ст}$=6,8...27 В, ряд Е 12±10 %
1N1735...42	0,2...1,6	$U_{ст}$=6,2—12,4—18,6—24,8—31—37—43——50 В
1N1765...76	1/25а	$U_{ст}$=5,6...16 В, ряд Е 24±10 %
1N1816...36	1=/50с	$U_{ст}$=13...91 В, ряд Е 24±10 %
1N1957...68	0,25/25а	$U_{ст}$=6,8...56 В, ряд Е 12±12 %
1N2804...46	50/55с	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N2970...3015	10/55с	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N3016...51	1/25а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N3154, 5*, 6	0,4/25а	$U_{ст}$=8,4 В
1N3305...50	50/75с	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N3470...2	0,4/50а	$U_{ст}$=2,4—2,7—3 (±10 %)
1N3496,7,8,0	0,4/25а	$U_{ст}$=6,2 В
1N3551...4	0,25/25а	$U_{ст}$=6,35 В
1N3501...4	0,25/25а	$U_{ст}$=3,3...47 В, ряд Е 24±5 %
1N3506...34	0,4/25а	$U_{ст}$=6,8...100 В ряд Е 24±20 %
1N3785...3820	1,5/26а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N3821...30	1/25а	$U_{ст}$=3,3...7,5 В, ряд Е 24±10 %
1N3993...4000	10/55с	$U_{ст}$=3,9...7,5 В, ряд Е 24±10 %
1N4099...106	0,4/25а	$U_{ст}$=6,8...12 В, ряд Е 24±5 %
1N4107...35	0,25/25а	$U_{ст}$=13...100 В, ряд Е 24±5 %
1N4158...93	1/25а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±20 %
1N4370...72	0,4/25а	$U_{ст}$=2,4—2,7—3 В (±10 %)
1N4460...96	1,5/30а	$U_{ст}$=6,2...200 В, ряд Е 24 ±5 %
1N4549...56	50/75с	$U_{ст}$=3,9...7,5 В, ряд Е 24±20 %
1N4557...64	50/75с	$U_{ст}$=3,9...7,5 В, ряд Е 24±20 %
1N4565...9	0,4/50а	$U_{ст}$=6,4 В±5 % при $I_{ст}$=0,5 мА
1N4570...4	0,4/50а	$U_{ст}$=6,4 В±5 % при $I_{ст}$=1 мА
1N4575...9	0,4/50а	$U_{ст}$=6,4 В±5 % при $I_{ст}$=2 мА
1N4580...4	0,4/50а	$U_{ст}$=6,4 В±5 % при $I_{ст}$=4 мА
1N4728...64	1/50а	$U_{ст}$=3,3...100 В, ряд Е 24±10 %
1N4890...5	250/25а	$U_{ст}$=6,35 В
1N5221...81	0,5/25а	$U_{ст}$=2,4...200 В, ряд Е 24±10 %
1N5333...88	5/25а	$U_{ст}$=3,3...200 В, ряд Е 24±20 %
1N5518...33	0,4/25а	$U_{ст}$=3,3...13 В, ряд Е 24
1N5534...46	0,4/25а	$U_{ст}$=14—15—16—17—18—19—20—22——24—26—28—30—33
1N5559...94	1/25а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24
1N5667...78	0,25/25а	$U_{ст}$=2...5,6 В, ряд Е 24
1N5728...57	0,4/25а	$U_{ст}$=4,7...75 В, ряд Е 24
1S220...61	1/25а	$U_{ст}$=4,5—5,5—6,5—7,5—8,5—9,5—11—12——13—14—15—16—17—18—19—20—22——24—25—27—30—33—36—39—43—45——47—50—52—56—62—68—75—82—91——100—105—110—120—130—140—150

1	2	3
1S262...303	10/25с	$U_{ст}$=4,5—5,5—6,5—7,5—8,5—9,5—11—12—13—14—15—16—17—18—19—20—22—24—25—27—30—33—36—39—43—45—47—50—52—56—62—68—75—82—91—100—105—110—120—130—140—150
1S4006...4200	1,5/25а	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±10 %
1S5015...5150	10/100с	$U_{ст}$=15...150 В, ряд Е 24±10 %
1S6006...6200	10/100с	$U_{ст}$=6,8...200 В, ряд Е 24±10 %
1Z(*)	1/25а	$U_{ст}$=7,5...30 В ряд Е 24±10 %
1Z(*)T	1/25а	$U_{ст}$=3,9...30 В, ряд Е 24±10 %
1/4M(*)	250/25а	$U_{ст}$=2,4...200 В, ряд Е 24±20 %
3Z(*)T(0)	3,5/25с	$U_{ст}$=3,9...30 В, ряд Е 24
4GZ(*)A	4/25с	$U_{ст}$=10...82 В, ряд Е 12±10 %
4GZ(*)B	4/25с	$U_{ст}$=100...180 В, ряд Е 12±5 %
10Z(*)T	10/25с	$U_{ст}$=3,9...30 В, ряд Е 24
11,12,13Z4	1/25а	$U_{ст}$=3,5...55—4,5...6,5—5,5...7,5 В
14...17Z4	1/25а	$U_{ст}$=6,5...9,5—8,4...11,6—10,3...13,7—12,2...16 В
11...28Z6	1/25а	$U_{ст}$=3,3...12 В, ряд Е 24 ±12 %
31...43Z6	0,2/25а	$U_{ст}$=3,3...12 В, ряд Е 24±6 %
51...68Z6	4/25с	$U_{ст}$=3,3...15 В, ряд Е 24±12 %
52...57Z4	4/25с	$U_{ст}$=4,5...6,5—5,5...7,5—6,5...9,5—8,4...11,6—10,3...13,7—12,2...16
71...88Z6	25/25с	$U_{ст}$=3,3...15 В, ряд Е 24±12 %
100,4,5Z4	1/25а	$U_{ст}$=5...6—3,8...4,8—4,8...5,8 В
106,7,8Z4	1/25а	$U_{ст}$=5,8...6,8—6,8...7,8—7,8...8,8 В
109,10,11,Z4	1/25а	$U_{ст}$=12...13,2—13,2...14,4—14,4...15,5 В
116...124Z6F	1/25а	$U_{ст}$=16—18—20—22—24 В±10 %
204...15Z4	4/25с	Смотри 104...115Z4
650...655	150/25а	$U_{ст}$=4,1—4,9—5,8—7,1—9—10 В±0,5 В

Таблица 4.19. **Основные параметры микросхем стабилизаторов отечественного производства**

Тип микросхемы	$U_{вх}$, В (мин... макс)	$U_{вых}$, В (мин...макс)	$K_{и}$, %/В не более	Ki %/А не более	$LiU_{вых}$, %/°С не более	$P_{макс}$, Вт при t °С —60°...+80°
1	2	3	4	5	6	7
К142ЕН1А	9...20	3...12	0,3	0,5	0,01	0,8
К142ЕН1Б	9...20	3...12	0,1	0,5	0,01	0,8
К142ЕН1В	9...20	3...12	0,5	0,5	0,01	0,8
К142ЕН1Г	9...20	3...12	0,5	0,5	0,01	0,8
К142ЕН2А	9..40	12...30	0,3	0,2	0,01	0,8
К142ЕН2Б	20...40	12...30	0,1	0,2	0,01	0,8
К142КН2В	20...40	12...30	0,5	0,2	0,01	0,8
К142ЕН2Г	20...40	12...30	0,5	0,2	0,01	0,8
К142ЕН3	9,5...60	3...30	0,05	0,5	0,01	6,0
К142ЕН4	9,5...60	3...30	0,05	0,5	0,01	6,0
142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1,0	0,02	10
142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1,0	0,02	10
142ЕН5В	7,5...15	4,9...5,1	0,05	1,0	0,02	10
142ЕН5Г	8,5...15	5,88...6,12	0,05	1,0	0,02	10

1	2	3	4	5	6	7
КР142ЕН5А	7,5...15	4,9...5,1	0,05	2,0	0,03	10
КР142ЕН5Б	8,5...15	5,88...6,12	0,05	2,0	0,03	10
КР142ЕН5В	7,5...15	4,82...5,18	0,05	2,0	0,03	10
КР142ЕН5Г	8,5...15	5,8...6,2	0,05	2,0	0,03	10
К142ЕН6А	±20...40	±14,7...15,3	0,0015	0,2	0,01	5,0
К142ЕН6Б	±20...40	±14,7...15,3	0,005	0,2	0,01	5,0
К142ЕН6В	±20...30	±14,5...15,5	0,0025	0,3	0,03	2,5
К142ЕН6Г	±20...30	±14,5...15,5	0,015	0,3	0,03	2,5
К142ЕН6Д	±20...40	±14...16	0,005	0,2	0,01	5,0
К142ЕН6Е	±20...40	±14...16	0,01	0,2	0,003	5,0
142ЕН8А	11,5...35	8,73...9,27	0,05	0,67	0,02	9,0
142ЕН8Б	14,5...35	11,64...12,36	0,05	0,67	0,02	9,0
142ЕН8В	17,5...35	14,35...15,45	0,05	0,67	0,02	9,0
К142ЕН8Л, КР142ЕН8А	1,5...35	8,73...9,27	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН8Б, КР142ЕН8Б	14,5...35	11,64...12,36	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН8В, КР142ЕН8В	17,5...35	14,55...15,45	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН8Г, КР142ЕН8Г	11,5...35	8,64...9,36	0,1	1,5	0,04	9,0
К142ЕН8Д, КР142ЕН8Д	14,5..35	11,52...12,48	0,1	1,5	0,04	9,0
К142ЕН8Е, КР142ЕН8Е	17,5...35	14,4...15,6	0,1	1,5	0,04	9,0
142ЕН9А	23...45	19,6...20,4	0,05	0,67	0,02	9,0
142ЕН9Б	27...45	23,52...24,48	0,05	0,67	0,02	9,0
142ЕН9В	30...45	26,46...27,54	0,05	0,67	0,02	9,0
К142ЕН9А	23...45	19,6...20,4	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН9Б	27...45	23,52...24,48	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН9В	30...45	26,46...27,54	0,05	1,0	0,03	9,0
К142ЕН9Г	23...45	19,4...20,6	0,1	1,5	0,04	9,0
К142ЕН9Д	27...45	23,28...24,72	0,1	1,5	0,04	9,0
К142ЕН9Е	30...45	26,19...27,81	0,1	1,5	0,04	9,0
142ЕН10	9...40	3...30	0,05	1,0	0,01	5,0
142ЕН11	5...45	1,2...37	0,02	0,33	0,02	8,0

В отечественной бытовой аппаратуре интегральные стабилизаторы напряжения пока применяются редко, а в зарубежной — довольно часто. Параметры интегральных стабилизаторов зарубежного производства приведены в табл. 4.20, 4.21. Номенклатура отечественных интегральных стабилизаторов напряжения значительно уже, поэтому при выходе из строя стабилизатора зарубежного производства и при отсутствии отечественного аналога новый стабилизатор можно сделать на отечественных дискретных элементах с параметрами замещенного. Трудности могут быть с его размещением, особенно в малогабаритной аппаратуре. При наличии отечественного аналога необходимо внимательно проверить цоколевку, чтобы входы и выходы соответствовали схеме.

Таблица 4.20. **Электрические параметры стабилизаторов напряжения с фиксированным входным напряжением**

Тип ИМС	$U_{вых}$, В	$I_{вых}$, $I^*_{вых\,и}$, А	$U_{вх}$, В	$U_{пд}$, В	$\Delta U_{вых}$, мВ при $\Delta U_{вх\,max}$, K^*_{U}, %	$U_{вых}$, мВ при $\Delta I_{вых\,max}$, K^*_{I}, %	$\alpha\theta U_{вых}$, %/°С γ^*, мВ/°С $\alpha\theta^{**}_{U_{вых}}$, %	$P_{рас}$, Вт $R^*_{Tпс}$, $R^{**}_{Tпк}$ °С/Вт	$I_{пот}$, мА	Долговременная стабильность, мВ %/1000*ч	$U_{ш}$, мкВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LM109H	5,05	0,2	7...25	—	⩽50	⩽50	—	15	⩽10	⩽10	40
LM109K	5,05	1,0	7...25	—	0,04*	1,0*	—	2,5	⩽10	⩽10	40
LM120H-5	—5	0,5	—(7...25)	—	⩽25	⩽50	—	2,0	⩽2	⩽50	150
LM120H-12	—12	0,2	—(14...32)	—	⩽10	⩽25	—	2,0	⩽4	⩽120	400
LM120H-15	—15	0,2	—(17...35)	—	⩽10	⩽25	—	2,0	⩽4	⩽150	400
LM120K	—5	1,5	—(7...25)	—	⩽25	⩽75	—	20	⩽2	⩽50	150
LM120K-12	—12	1,0	—(14...32)	—	⩽10	⩽80	—	20	⩽4	⩽120	400
LM120K-15	—15	1,0	—(17...35)	—	0,02*	0,3*	—	20	⩽4	⩽150	400
LM123K-5	5,0	3,0	7,5...15	—	⩽25	⩽100	—	30	⩽20	⩽35	40
LM125H	±15	0,1	±30	2	⩽10	⩽10	±0,3**	45**	⩽5	0,2*	150
LM125	±15	0,1	±30	2	⩽10	⩽10	±0,3**	150*	⩽5	0,2*	150
LM126H	±12	0,1	±30	2	⩽10	⩽10	±0,3**	45**	⩽5	0,2*	100
LM126	±12	0,1	±30	2	⩽10	⩽10	±0,3	150*	⩽5	0,2*	100
LM140AK-5	5	1,5	7,5...20	2	⩽10	⩽25	—0,6	20	⩽6	—	40
LM140AK-12	12	1,5	14,5...27	2	⩽18	⩽32	—1,5	20	⩽6	—	75
LM140AK-15	15	1,5	17,9...30	2	⩽22	⩽35	—1,8	20	⩽6	—	90
LM140K-5	5,0	1,5	8...20	2	⩽50	⩽50	—0,6	20	⩽6	—	40
LM140K-12	12	1,5	15,5...27	2	⩽120	⩽120	—1,5	20	⩽6	—	75
LM140K-15	15	1,5	18,5...30	—	⩽150	⩽150	—1,8	20	⩽6	—	90
LM140 AH-5	5,0	0,1	7,2...20	—	⩽30	⩽20	0,01	—	⩽4,5	12	40
LM140 AH-12	12	0,1	14,5...27	—	⩽65	⩽40	0,01	—	⩽4,5	24	80
LM140 AH-15	15	0,1	17,6...30	—	⩽70	⩽50	0,01	—	⩽4,5	30	90
LM145K-5	—5,0	3,0	—(7,8...20)	—	⩽15	⩽75	—	25	⩽3	⩽50	150
LM145K-5,2	—5,2	3,0	—(7,8...20)	—	0,008*	0,6*	—	25	⩽3	⩽50	150
LM209H	5,05	0,2	7...25	—	⩽50	⩽50	—	15**	⩽10	⩽10	40
LM209K	5,05	1,0	7...25	—	⩽50	⩽100	—	2,5**	⩽10	⩽10	40
LM223K	5,0	3,0	7,5...15	—	⩽25	⩽100	—	30	⩽20	⩽35	40
LM309H	5,05	0,2	7...25	—	⩽50	⩽100	—	15**	⩽10	⩽20	40

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LM309K	5,05	1,0	7...25	—	≤50	≤100	—	2,5**	≤10	≤20	40
LM320H-5	−5,0	0,5	−(7...25)	—	≤40	≤50	—	2,0	≤2,0	≤50	150
LM320H-12	−12	0,2	−(14...32)	—	≤20	≤40	—	2,0	≤4,0	≤120	400
LM320H-15	−15	0,2	−(17...35)	—	≤20	≤40	—	2,0	≤4	≤150	400
LM320K-5	−5,0	1,5	−(7...25)	—	≤40	≤100	—	20	≤2	≤50	150
LM320K-12	−12	1,0	−(14...32)	—	≤20	≤80	—	20	≤4	≤120	400
LM320K-15	−15	1,0	−(17...35)	—	≤20	≤80	—	20	≤4	≤150	400
LM320KC-5	−5,0	1,5	−(7...25)	—	≤40	≤100	—	20	≤2	≤50	400
LM320KC-12	−12	1,0	−(14...32)	—	≤20	≤80	—	20	≤4	≤120	400
LM320KC-15	−15	1,0	−(17...35)	—	≤20	≤80	—	20	≤4	≤150	400
LM320LZ-5	−5,0	0,1	−(7,5...20)	—	≤60	≤50	—	0,6	≤6	20	40
LM320LZ-12	−12	0,1	−(14,8...27)	—	≤45	≤100	—	0,6	≤6	48	96
LM320LZ-15	−15	0,1	−(18...30)	—	≤45	≤125	—	0,6	≤6	60	120
LM320MLP-5	−5,0	0,25	−(7,5...20)	—	≤50	≤50	—	7,5	≤6	20	40
LM320MLP-12	−12	0,25	−(14,8...27)	—	≤40	≤120	—	7,5	≤6	48	100
LM320MLP-15	−15	0,25	−(18...30)	—	≤40	≤150	—	7,5	≤6	60	120
LM320MP-5	−5,0	0,5	−(7,5...25)	—	≤40	≤100	—	7,5	≤2	10	150
LM320MP-12	−12	0,5	−(14,5...32)	—	≤24	≤100	—	7,5	≤4	24	400
LM320MP-15	−15	0,5	−(17,5...35)	—	≤30	≤100	—	7,5	≤4	30	400
LM320T-5	−5,0	1,5	−(7,5...25)	—	≤40	≤100	—	15	≤2	10	150
LM320T-12	−12	1,0	−(14,5...32)	—	≤20	≤80	—	15	≤4	24	400
LM320T-15	−15	1,0	−(17,5...35)	—	≤20	≤80	—	15	≤4	30	400
LM323K	5	3	7,5...15	—	≤25	≤100	—	30	≤20	≤35	40
LM325AN	±15	0,1	±30	≥2	≤10	≤10	±0,3*	1,0	≤5	0,2*	150
LM325H	±15	0,1	±30	≥2	≤10	≤10	±0,3*	2,0	≤5	0,2*	150
LM325N	±15	0,1	±30	≥2	≤10	≤10	±0,3*	1,0	≤5	0,2*	150
LM326H	±12	0,1	±30	≥2	≤10	≤10	±0,3*	2,0	≤5	0,2*	100
LM326N	±12	0,1	±30	≥2	≤10	≤10	±0,3*	1,0	≤5	0,2*	100
LM330T-5	5,0	0,15	6...26	≤0,6	≤60	≤50	—	50	≤40	20	50
LM340AK-5	5,0	1,5	7,5...20	2	≤10	≤25	−0,6*	20	≤6	—	40
LM340AK-12	12	1,5	14,8...27	2	≤18	≤32	−1,5*	20	≤6	—	75
LM340AK-15	15	1,5	17,9...30	2	≤22	≤35	−1,8*	20	≤6	—	90
LM340AT-5	5,0	1,5	7,5...20	2	≤10	≤25	−0,6*	15	≤6	—	40

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LM340AT-12	12	1,5	14,8...27	2	⩽18	⩽32	—1,5*	15	⩽6	—	75
LM340AT-15	15	1,5	17,9...30	2	⩽22	⩽35	—1,8*	15	⩽6	—	90
LM340K-5	5,0	1,5	7...20	2	⩽50	⩽50	—0,6*	20	⩽8	—	40
LM340K-12	12	1,5	14,5...27	2	⩽120	⩽120	—1,5*	20	⩽8	—	75
LM340K-15	15	1,5	17,5...30	2	⩽150	⩽150	—1,8*	20	⩽8	—	90
LM340LAH-5	5,0	0,1	7,2...20	—	⩽30	⩽20	0,01	140	⩽4,5	12	40
LM340LAH-12	12	0,1	14,5...27	—	⩽65	⩽40	0,01	140	⩽4,5	24	80
LM340LAH-15	15	0,1	17,6...30	—	⩽70	⩽50	0,01	140	⩽4,5	30	90
LM340LAZ-5	5	0,1	7,2...20	—	⩽30	⩽20	0,01	180	⩽4,5	12	40
LM340LAZ-12	12	0,1	14,5...27	—	⩽65	⩽40	0,01	180	⩽4,5	24	80
LM340LAZ-15	15	0,1	17,6...30	—	⩽70	⩽50	0,01	180	⩽4,5	30	90
LM340T-5	5	1,5	7...20	—	⩽50	⩽50	—0,6*	15	⩽8	—	40
LM340T-12	12	1,5	14,5...27	—	⩽120	⩽120	—1,5*	15	⩽8	—	75
LM340T-15	15	1,5	17,5...30	—	⩽150	⩽150	—1,8*	15	⩽8	—	90
LM341P-5	5	0,5	7,5...20		⩽50	⩽100	—	7,5	⩽10	20	40
LM341P-12	12	0,5	14,8...27		⩽120	⩽240	—	7,5	⩽10	48	75
LM341P-15	15	0,5	18...30		⩽150	⩽300	—	7,5	⩽10	60	90
LM342P-5	5	0,25	7,5...20		⩽55	⩽50	—	80	⩽6	20	40
LM342P-12	12	0,25	14,8...27		⩽100	⩽120	—	80	⩽6	48	96
LM342P-15	15	0,25	18...30		⩽100	⩽150	—	80	⩽6	60	120
LM345K-5	—5	3,0	—(7,8...20)		⩽25	⩽100	—	25	⩽3	50	150
LM345K-5,2	—5,2	3,0	—(7,8...20)		⩽25	⩽100	—	25	⩽3	50	150
LM2930T-5	5	0,15	6...26	⩽0,6	⩽80	⩽50	—	4	⩽40	20	140
LM2930T-8	8	0,15	9,4...26	⩽0,6	⩽100	⩽50	—	4	⩽40	30	170
LM2931AT-5	5	0,15	6...26	⩽0,6	⩽30	⩽50	—	4	15	20	500
LM2931AZ-5	5	0,15	6...26	⩽0,6	0,008*	0,02*	—	55	15	—	500
LM7805CK	5	1,0	7...20	2,0	⩽50	⩽50	0,6	35	⩽8	—	40
LM7812CK	12	1,0	14,5...27	2	⩽120	⩽120	1,5*	35*	⩽8	—	75
LM7815CK	15	1,0	17,5...30	2	⩽150	⩽150	1,8*	35*	⩽8	—	90
LM7805CT	5	1,0	7...20	2	⩽50	⩽50	0,6*	50*	⩽8	—	40
LM7812CT	12	1,0	14,5...27	2	⩽120	⩽120	1,5*	50*	⩽8	—	75
LM7815CT	15	1,0	17,5...30	—	⩽150	⩽150	1,8*	50*	⩽8	—	90
LM7805ACH	5	0,1	7...20	—	⩽54	⩽30	±0,01	15*	⩽5	12	40

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LM7812ACH	12	0,1	14,5...27	—	⩽110	⩽50	±0,01	15*	⩽5	24	80
LM7815ACH	15	0,1	17,5...30	—	⩽140	⩽75	±0,01	15*	⩽5	30	90
LM7805ACZ	5	0,1	7...20	—	⩽54	⩽30	±0,01	180*	⩽5	12	40
LM7812ACZ	12	0,1	14,5...27	—	⩽110	⩽50	±0,01	180*	⩽5	24	80
LM7815ACZ	15	0,1	17,5...30	—	⩽140	⩽75	±0,01	180*	⩽5	30	90
LM7805CH	5	0,1	7...20	—	⩽150	⩽30	±0,01	140*	⩽6	12	40
LM7812CH	12	0,1	14,5...27	—	⩽200	⩽50	±0,01	140*	⩽6,5	24	80
LM7815CH	15	0,1	18...30	—	⩽250	⩽75	±0,01	140*	⩽6,5	30	90
LM7805CZ	5	0,1	7...20	—	⩽150	⩽30	±0,01	180*	⩽6	12	40
LM7812CZ	12	0,1	14,5...27	—	⩽200	⩽50	±0,01	180*	⩽6,5	24	80
LM7815CZ	15	0,1	18...30	—	⩽250	⩽75	±0,01	180*	⩽6,5	30	90
LM78M05CP	5,0	0,5	7,5...20	—	⩽100	⩽100	—	70*	⩽10	20	40
LM78M12CP	12	0,5	14,8...27	—	⩽240	⩽240	—	70*	⩽10	48	75
LM78M15CP	15	0,5	18...30	—	⩽300	⩽300	—	70*	⩽10	60	90
LM7905CK	—5	1,5	—(7...20)	1,1	⩽50	⩽100	0,4*	15	⩽2	—	125
LM7912CK	—12	1,5	—(14,5...27)	1,1	⩽80	⩽200	—0,8*	15	⩽3	—	300
LM7915CK	—15	1,5	—(17,5...30)	1,1	⩽100	⩽200	—1*	15	⩽3	—	375
LM7905CT	—5	1,5	—(7...20)	1,1	⩽50	⩽100	0,4*	15	⩽2	—	125
LM7912CT	—12	1,5	—(14,5...27)	1,1	⩽80	⩽200	—0,8*	15	⩽3	—	300
LM7915CT	—15	1,5	—(17,5...30)	1,1	⩽100	⩽200	—1*	15	⩽3	—	375
LM7905ACZ	—5	0,1	—(7,5...20)	—	⩽60	⩽50	—	180*	⩽6	20	40
LM7912ACZ	—12	0,1	—(14,8...27)	—	⩽45	⩽100	—	180*	⩽6	48	96
LM7915ACZ	—15	0,1	—(18...30)	—	⩽45	⩽125	—	180*	⩽6	60	120
LM79M05CH	—5	0,5	—(7...25)	1,1	⩽50	⩽100	0,4*	70*	⩽2	—	750
LM79M12CH	—12	0,5	—(14,5...27)	1,1	⩽80	⩽240	—0,8*	70*	⩽3	—	400
LM79M15CH	—15	0,5	—(17,5...30)	1,1	⩽80	⩽250	—1*	70*	⩽3	—	400
LM79M05CP	—5	0,5	—(7...25)	1,1	⩽50	⩽100	0,4*	70*	⩽2	—	750
LM79M12CP	—12	0,5	—(14,5...27)	1,1	⩽80	⩽240	—0,8*	70*	⩽3	—	400
LM79M15CP	—15	0,5	—(17,5...30)	1,1	⩽80	⩽240	—1*	70*	⩽3	—	400
MC7805CT	5	1	7...20	2	⩽50	⩽100	—1*	65*	8	⩽20	40
MC7806C	6	1	8...21	2	⩽60	⩽120	—1*	65*	8	⩽24	45
MC7808C	8	1	10,5...23	2	⩽80	⩽160	—1*	65*	8	⩽32	52
MC7812C	12	1	14,5...27	2	⩽120	⩽240	—1*	65*	8	⩽48	75
MC7815C	15	1	17,5...30	2	⩽150	⩽300	—1*	65*	8	⩽60	90

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MC7818C	18	1	21...33	2	⩽180	⩽360	—1*	65*	8	⩽72	110
MC7824C	24	1	27...38	2	⩽240	⩽480	—1*	65*	8	⩽96	170
MC7802AC	2,6	0,1	4,75...20	1,7	⩽100	⩽50	—	200*	—	—	30
MC7805AC	5	0,1	7...20	1,7	⩽150	⩽60	—	200*	—	12	40
MC7805C	5	0,1	7...20	1,7	⩽200	⩽60	—	200*	—	12	40
MC788AC	8	0,1	10,5...23	1,7	⩽175	⩽80	—	200*	—	20	60
MC788C	8	0,1	10,5...23	1,7	⩽200	⩽80	—	200*	—	20	52
MC7812AC	12	0,1	14,5...27	1,7	⩽250	⩽100	—	200*	—	24	80
MC7812C	12	0,1	14,5...27	1,7	⩽250	⩽100	—	200*	—	24	80
MC7815AC	15	0,1	17,5...30	1,7	⩽300	⩽150	—	200*	—	30	90
MC7815C	15	0,1	17,5...30	1,7	⩽300	⩽150	—	200*	—	30	90
MC7818AC	18	0,1	20,7...33	1,7	⩽325	⩽170	—	200*	—	45	150
MC7818C	18	0,1	21,4...33	1,7	⩽325	⩽170	—	200*	—	45	150
MC7824AC	24	0,1	27...38	1,7	⩽350	⩽200	—	200*	—	56	200
MC7824C	24	0,1	28...38	1,7	⩽350	⩽200	—	200*	—	56	200
MC78M05C	5	0,5 (0,7*)	7...25	2	⩽100	⩽100	—1*	70*	—	⩽20	40
MC78M06C	6	0,5 (0,7*)	8...25	2	⩽100	⩽120	—0,5*	70*	—	⩽24	45
MC78M08C	8	0,5 (0,7*)	10,5...25	2	⩽100	⩽160	—0,5*	70*	—	⩽32	52
MC78M12C	12	0,5 (0,7*)	14,5...27	2	⩽100	⩽240	—1*	70*	—	⩽48	75
MC78M15C	15	0,5 (0,7*)	17,5...30	2	⩽100	⩽300	—1*	70*	—	⩽60	90
MC78M18C	18	0,5 (0,7*)	21...33	2	⩽100	⩽360	—1*	70*	—	⩽72	100
MC78M20C	20	0,5 (0,7*)	23...35	2	⩽100	⩽400	—1,1*	70*	—	⩽80	110
MC78M24C	24	0,5 (0,7*)	27...38	2	⩽100	⩽480	—1,2*	70*	—	⩽96	170
MC7902C	—2	1	—(7...20)	3,5	⩽40	⩽120	—1*	65*	—	⩽20	40
MC7905C	—5	1	—(7...20)	2	⩽100	⩽100	—1*	65*	—	⩽20	40
MC7952C	—5,2	1	—(7,2...20)	2	⩽105	⩽105	—1*	65*	—	⩽20	42
MC7906C	—6	1	—(8...21)	2	⩽120	⩽120	—1	65*	—	⩽24	45
MC7908C	—8	1	—(10,5...23)	2	⩽160	⩽160	—1	65*	—	⩽32	52
MC7912C	—12	1	—(14,5...27)	2	⩽240	⩽240	—1	65*	—	⩽48	75
MC7915C	—15	1	—(17,5...30)	2	⩽300	⩽300	—1	65*	—	⩽60	90
MC7918C	—18	1	—(21...33)	2	⩽360	⩽360	—1	65*	—	72	110
MC7924C	—24	1	—(27...38)	2	⩽480	⩽480	—1	65*	—	⩽96	170
MC79 03AC	—3	0,1	—(7...20)	1,7	⩽60	⩽72	—	200*	—	10	30
MC79 03C	—3	0,1	—(7...20)	1,7	⩽80	⩽72	—	200*	—	10	30

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MC79 05AC	—5	0,1	—(7...20)	1,7	⩽150	⩽60	—	200*	—	12	40
MC7905C	—5	0,1	—(7...20)	1,7	⩽200	⩽60	—	200*	—	12	40
MC7912AC	—12	0,1	—(14,5...27)	1,7	⩽250	⩽100	—	200*	—	24	80
MC7912C	—12	0,1	—(14,5...27)	1,7	⩽250	⩽100	—	200*	—	24	80
MC7915AC	—15	0,1	—(17,5...30)	1,7	⩽300	⩽150	—	200*	—	30	90
MC7915C	—15	0,1	—(17,5...30)	1,7	⩽300	⩽150	—	200*	—	30	90
MC7918AC	—18	0,1	—(20,7...33)	1,7	⩽325	⩽170	—	200*	—	45	150
MC7918C	—18	0,1	—(21,4...33)	1,7	⩽325	⩽170	—	200*	—	45	150
MC7924AC	—24	0,1	—(27...38)	1,7	⩽350	⩽200	—	200*	—	56	200
MC7924C	—24	0,1	—(28...38)	1,7	⩽350	⩽200	—	200*	—	56	200
TL780-05C	5	1,5	7...25	2	—	—	—	15	5	—	—
TL780-12C	12	1,5	14,5...30	—	—	—	—	15	5,5	—	—
LT780-15C	15	1,5	17,5...30	—	—	—	—	15	5,5	—	—
TL7805C	5	1,5	7...25	—	—	—	—	15	4,2	—	—
TL7812C	12	1,5	14,5...30	—	—	—	—	15	4,3	—	—
TL7815C	15	1,5	17,5...30	—	—	—	—	15	4,5	—	—
µA109	5,05	1	⩽35	—	⩽50	⩽100	—	—	⩽10	⩽10	40
µA209	5,05	1	⩽35	—	⩽50	⩽100	—	—	⩽10	⩽10	40
µA309	5,05	1	⩽35	—	⩽50	⩽100	—	—	⩽10	⩽20	40
µA7805C	5	1 (2,2*)	⩽35	2	⩽100	⩽100	—1,1*	⩽65*	⩽8	—	40
µA7806C	6	1 (2,2*)	⩽35	2	⩽120	⩽120	—0,8*	⩽65*	⩽8	—	45
µA7808C	8	1 (2,2*)	⩽35	2	⩽160	⩽160	—0,8*	⩽65*	⩽8	—	52
µA78012C	12	1	⩽35	2	⩽240	⩽240	—1*	⩽65*	⩽8	—	75
µA7815C	15	1	⩽35	2	⩽300	⩽300	—1*	⩽65*	⩽8	—	90
µA7818C	18	1	⩽35	2	⩽360	⩽360	—1*	⩽65*	⩽8	—	110
µA7824C	24	1	⩽40	2	⩽480	⩽480	—1,5*	⩽65*	⩽8	—	170
µA7885C	8,5	1	⩽35	2	⩽170	⩽170	—0,8*	⩽65*	⩽8	—	55
µA78C08	8	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽40	⩽80	—2,1*	⩽7,5	⩽6	—	200
µA78C10	10	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽50	⩽100	—2,3*	⩽7,5	⩽6	—	250
µA78C12	12	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽50	⩽120	—2,3*	⩽7,5	⩽6	—	300
µA78C15	15	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽50	⩽150	—4*	⩽7,5	⩽6	—	375
µA78C17	17	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽50	⩽170	—4,5*	⩽7,5	⩽6	—	400
µA78C18	18	0,5 (1*)	⩽35	⩽2,5	⩽50	⩽180	—4,8*	⩽7,5	⩽6	—	450
	20	0,5 (1*)	⩽40	⩽2,5	⩽50	⩽200	—5,3*	⩽7,5	⩽6	—	500

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	22	0,5 (1*)	≤40	≤2,5	≤50	≤220	−6*	≤7,5	≤6	—	550
μA78C24	24	0,5 (1*)	≤40	≤2,5	≤50	≤240	−6,4*	≤7,5	≤6	—	600
μA78C82	8,2	0,5 (1*)	≤35	≤2,5	≤40	≤85	−2,2*	≤7,5	≤6	—	200
μA78CB	13,8	2	≤35	2,5	≤150	≤150	−1*	≤65*	≤8	—	75
μA78L05	5	0,1	≤35	1,7	≤150	≤60	−0,65*	≤190*	≤6	—	40
μA78L09	9	0,1	≤35	1,7	≤200	≤90	−0,9*	≤190*	≤6,5	—	70
μA78L12	12	0,1	≤35	1,7	≤250	≤100	−1*	≤190*	≤6,5	—	80
μA78L15	15	0,1	≤35	1,7	≤300	≤150	−1,3*	≤190*	≤6,5	—	90
μA78L18	18	0,1	≤40	1,7	≤300	≤170	−1,8*	≤190*	≤6,5	—	150
μA78L24	24	0,1	≤40	1,7	≤300	≤200	−2*	≤190*	≤6,5	—	200
μA78L26	2,6	0,1	≤35	1,7	≤100	≤50	−0,4*	≤190*	≤6	—	30
μA78L62	6,2	0,1	≤35	1,7	≤175	≤80	−0,75*	≤190*	≤6	—	50
μA78L82	8,2	0,1	≤35	1,7	≤175	≤80	−0,8*	≤190*	≤6	—	60
μA78M05	5	0,5 (0,7*)	≤35	2	≤100	≤100	−1*	≤70*	≤6	—	40
μA78M06	6	0,5 (0,7*)	≤35	2	≤100	≤120	−0,5*	≤70*	≤6	—	45
μA78M08	8	0,5 (0,7*)	≤35	2	≤100	≤160	−0,5*	≤70*	≤6	—	52
μA78M12	12	0,5 (0,7*)	≤35	2	≤100	≤240	−1*	≤70*	≤6	—	75
μA78M15	15	0,5 (0,7*)	≤35	2	≤100	≤300	−1*	≤70*	≤6	—	90
μA78M20	20	0,5 (0,7*)	≤40	2	≤100	≤400	−1,1*	≤70*	≤6	—	110
μA78M24	24	0,5 (0,7*)	≤40	2	≤100	≤480	−1,2*	≤70*	≤6	—	170
μA7905	−5	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤100	≤100	−0,6*	≤65*	≤2	—	125
μA7906	−6	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤120	≤120	−0,4*	≤65*	≤2	—	150
μA7908	−8	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤160	≤160	−0,6*	≤65*	≤2	—	200
μA7912	−12	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤240	≤240	−0,8*	≤65*	≤3	—	300
μA7915	−15	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤300	≤300	−1*	≤65*	≤3	—	375
μA7918	−18	1 (2,1*)	≤ −35	1,1	≤360	≤360	−1*	≤65*	≤3	—	450
μA7924	−24	1 (2,1*)	≤ −40	1,1	≤480	≤480	−1*	≤65*	≤3	—	600
μA79M05	−5	0,5 (0,65*)	≤ −35	1,1	≤50	≤100	−0,4*	≤70*	≤2	—	125
μA79M06	−6	0,5 (0,65*)	≤ −35	1,1	≤60	≤120	−0,4*	≤70*	≤2	—	150
μA79M08	−8	0,5 (0,65*)	≤ −35	1,1	≤80	≤160	−0,6*	≤70*	≤2	—	200
μA79M12	−12	0,5 (0,65*)	≤ −35	1,1	≤80	≤240	−0,8*	≤70*	≤3	—	300
μA79M15	−15	0,5 (0,65*)	≤ −35	1,1	≤80	≤240	−1*	≤70*	≤3	—	375
μA79M20	−20	0,5 (0,65*)	≤ −40	1,1	≤80	≤300	−1*	≤70*	≤3,5	—	500
μA79M24	−24	0,5 (0,65*)	≤ −40	1,1	≤80	≤300	−1*	≤70*	≤3,5	—	600

Таблица 4.21. **Электрические параметры стабилизаторов напряжения с регулируемым выходным напряжением**

Тип микросхемы	$U_{вых}$, В	$I_{вых}$, А	$U_{вх}$, В	$U_{пд}$, В	K_U, %, K_U^*, % В*	K_I, %, $\Delta U_{вых}$, мВ*	$\alpha\theta_{U_{вых}}$, %/°C, $\alpha\theta^*_{U_{вых}}$, %	$P_{рас}$, Вт, $R^*_{t\,п\text{-}с}$, $R^{**}_{t\,п\text{-}к}$, °C/Вт	$I_{пот}$, мА	Долговременная стабильн., %	Уровень шумов, мкВ, $\%U^*_{вых}$	Корпус	Схема расположения выводов (см. рис. к табл.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ICL7663CPA	+(1,3...16)	0,040	+(1,5...16)	—	0,03*	—	2,5	0,2	⩽0,012	—	—	Мини-DIP	—
ICL7663CTV	+(1,3...16)	0,040	+(1,5...16)	—	0,03*	—	2,5	0,3	⩽0,012	—	—	ТО-99	—
ICL7664CPA	—(1,3...16)	0,040	—(1,5...16)	—	0,03*	—	2,5	0,2	⩽0,012	—	—	Мини-DIP	—
ICL7664CTV	—(1,3...16)	0,040	—(1,5...16)	—	0,03*	—	2,5	0,3	⩽0,012	—	—	ТО-99	—
LM104H	—(0,015...40)	0,025	—(8...50)	2...50	⩽0,1	⩽5	⩽1*	0,5	⩽2,5	⩽1	15	ТО-100	1
LM105H	4,5...40	0,012	8,5...50	3...30	⩽0,06	⩽0,05	⩽1*	0,8	⩽2	⩽1	—	ТО-100	—
LM117H	1,2...37	0,5	—	3...40	⩽0,02*	⩽15*	1*	2	—	⩽1	—	ТО-39	2
LM117K	1,2...37	1,5	—	3...40	⩽0,02*		1*	20	—	⩽1	—	ТО-3	18
LM137H	—(1,2...37)	0,5	—	3	⩽0,02*	⩽25*	0,6**	2	—	⩽1	0,003*	ТО-39	24
LM137HVH	—(1,2...47)	0,5	—	3	⩽0,02*	⩽25*	0,6**	⩽15**	—	—	—	ТО-39	24
LM137HVK	—(1,2...47)	1,5	—	3	⩽0,02*	⩽25*	0,6**	20	—	—	—	ТО-3	25
LM137K	—(1,2...37)	1,5	—	3	⩽0,02*	⩽0,5	0,6**	20	—	⩽1	0,003*	ТО-3	25
LM138K	1,2...32	5	—	–	⩽0,01*	⩽15*	1**	⩽1**	—	⩽1	0,003*	ТО-3	25
LM150K	1,2...33	3	—	3...35	⩽0,01*	⩽15*	1**	1,5**	—	⩽1	0,001*	ТО-3	18
LM196K	1,25...15	1,5...10	—	3...20	⩽0,01*	⩽0,1	0,003	36...70	—	⩽1	0,001*	ТО-3	26
LM204H	—(0,015...30)	0,025	—(8...50)	2...50	⩽0,1	⩽5*	⩽1	0,5	⩽2,5	⩽1	15	ТО-100	1
LM205H	4,5...40	0,012	8,5...50	3...30	⩽0,06	⩽0,05	⩽1	0,8	⩽2	—	—	ТО-99	2
LM217H	1,2...37	0,5	—	3...40	⩽0,02*	⩽15*	1*	2	—	⩽1	—	ТО-39	27
LM217HVH	1,2...57	0,5	—	—	⩽0,02*	⩽15*	1*	⩽15*	—	—	—	ТО-39	27
LM217HVK	1,2...57	1,5	—	—	⩽0,02*	⩽15*	1*	⩽3**	—	—	—	ТО-3	18
LM217K	1,2...37	1,5	—	3...40	⩽0,02*	⩽15*	1*	20	—	1	—	ТО-3	18
LM237H	—(1,2...37)	0,5	—	—	⩽0,02*	⩽25*	0,6**	2	—	1	0,003*	ТО-3	24
LM237HVH	—(1,2...47)	0,5	—	—	⩽0,02*	⩽0,5	0,6**	2	—	1	0,003	ТО-39	24
LM237HVK	—(1,2...47)	1,5	—	—	⩽0,02*	⩽0,5	0,6	20	—	⩽1	0,003*	ТО-3	25
LM237K	—(1,2...37)	1,5	—	—	⩽0,02*	⩽0,5	0,6	20	—	⩽1	0,003*	ТО-3	25

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LM238K	1,2...32	5	—	—	⩽0,01*	⩽0,3	1*	⩽1**	—	⩽1	0,003*	TO-3	25
LM250K	1,2...33	3	—	3...35	⩽0,01*	⩽15*	1*	⩽1,5*	—	⩽1	0,001	TO-3	18
LM304H	—(0,035...30)	0,025	—(8...40)	2...40	⩽0,1	⩽5	⩽1*	0,5	2,5	⩽1	15	TO-100	1
LM305AH	4,5...40	0,045	8,5...50	3...30	⩽0,06	⩽0,2	⩽1*	0,8	2	⩽1	—	TO-99	2
LM305H	4,5...30	0,012	8,5...40	3...30	⩽0,06	⩽0,05	⩽1*	0,8	2	⩽1	—	TO-99	2
LM317H	1,2...37	0,5	—	3...40	⩽0,04*	⩽25*	1*	2	—	⩽1	—	TO-39	27
LM317HVH	1,2...57	1,5	—	3...60	⩽0,04	⩽25*	1*	15**	—	⩽1	—	TO-39	27
LM317HVK	1,2...57	1,5	—	3...60	⩽0,04	⩽25*	1*	3**	—	⩽1	—	TO-3	18
LM317K	1,2...37	1,5	—	3...40	⩽0,04	⩽25*	1*	20	—	⩽1	—	TO-3	18
LM317LZ	1,2...37	0,1	—	3...40	⩽0,04	⩽0,5	0,65*	0,625	—	⩽1	0,003*	TO-92	28
LM317MP	1,2...37	0,5	—	3...40	⩽0,04	⩽25*	1*	7,5	—	⩽1	—	TO-202	29
LM317T	1,2...37	1,5	—	3...40	⩽0,04	⩽25*	—	15	—	⩽1	—	TO-220	18
LM337H	—(1,2...37)	0,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	2	—	⩽1	0,003*	TO-39	24
LM337HVH	—(1,2...47)	0,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	—	—	⩽1	0,003*	TO-39	24
LM337HVK	—(1,2...47)	1,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	20	—	⩽1	0,003*	TO-3	25
LM337K	—(1,2...37)	1,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	20	—	⩽1	0,003*	TO-92	25
LM337LZ	—(1,2...37)	0,1	—	3...40	⩽0,04	⩽0,5	0,65**	0,62	—	⩽1	0,003*	TO-202	28
LM337MP	—(1,2...37)	0,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	7,5	—	⩽1	0,003*	TO-220	30
LM337T	—(1,2...37)	1,5	—	—	⩽0,04	⩽50*	0,6**	15	—	⩽1	0,003*	TO-3	30
LM338K	1,2...32	5	—	—	⩽0,03	⩽0,5	1**	1**	—	⩽1	0,003*	TO-3	18
LM350K	1,2...33	3	—	3...35	⩽0,03	⩽25*	1**	1,5**	—	⩽1	0,001*	TO-220	18
LM350T	1,2...33	3	—	3...35	⩽0,03	⩽25*	1**	4**	—	⩽1	0,001*	DIP	18
LM376N	5...37	0,025	9...40	3...30	⩽0,03	⩽0,2	⩽1*	2	—	⩽1	0,003*	TO-3	—
LM396K	1,25...15	10	—	2,75	⩽0,02	⩽0,1	0,003	70	—	—	0,001*	TO-100	26
LM723CH	2...37	0,15	9,5...40	3...38	⩽0,1	⩽0,2	⩽0,015	0,8	4	0,1	20	DIP	17
LM723CJ	2...37	0,15	9,5...40	3...38	⩽0,1	⩽0,2	⩽0,015	0,66	4	0,1	20	TO-100	16
LM723H	2...37	0,15	9,5...40	3...38	⩽0,1	⩽0,15	⩽0,015	0,8	3,5	0,1	20	DIP	17
LM723J	2...37	0,15	9,5...40	3...38	⩽0,1*	⩽0,15	0,015	0,66	3,5	0,1	20	TO-220	16
LM2931T	3...24	0,15	—	0,6	⩽1,5	⩽1	—	4**	15	0,4	100	5 выводов	31

Продолжение табл. 4.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
μA78G	5...30	1	7,5...40	2,5	1*	1	—	—	5	—	—	TO-3	5
μA78MG	5...30	0,5	7,5...40	3	1*	1	—	—	5	—	—	TO-39	6
μA79	—(2,23...30)	1	—	—	1*	1	—	—	2	—	—	TO-3	11
μA79M	—(2,23...30)	0,5	—	—	1*	1	—	—	2,5	—	—	TO-39	15
μA104	—(0,015...40)	0,025	—(8...50)	2...50	⩽0,1	⩽5*	0,007*	0,5	⩽2,5	⩽1	15	TO-100	1
μA105	4,5...40	0,012	8,5...50	3...30	⩽0,06*	⩽0,05	⩽1*	0,5	⩽2	⩽1	—	TO-99	2
μA304	—(0,035...30)	0,025	—(8...40)	2...40	0,1	⩽5*	0,007*	0,5	⩽2,5	⩽1	15	TO-100	1
μA305	4,5...30	0,12	8,5...40	3...30	⩽0,06*	⩽0,05	⩽1*	0,5	⩽2	⩽1	—	TO-99	2
μA376	5...37	0,025	9...40	3...30	⩽0,03	⩽0,2	—	0,45	⩽2,5	—	—	TO-99	—
μA723	2...37	0,15	9,5...40	3	⩽0,2	⩽0,15	⩽0,015	1	⩽3,5	0,1	20	IP	16
μA723C	2...37	0,15	9,5...40	3	⩽0,5	⩽0,2	⩽0,015	1	⩽4	0,1	20	IP	17

Расположение выводов (цоколевка) интегральных микросхем стабилизаторов напряжения зарубежного производства

1	2	3	4а
Управление 10; Общий 9; Рег выход 8; Повыш. U 7; Пост. огранич. 6; Не рег вход 5; Сравнение 4; Подача опорного уровня 3; Опорн. уровень 2; Установка 1	Рег выход 8; Вкл. сравнения 7; Поддерж питания 6; Опорн уровень 5; Общий 4; Не рег вход 3; Выход 2; Пост. огранич. 1	Общий (3); Выход (2); Вход (1)	Вход (1); Выход (2); Общий (3)

4б	5	6а	6б
Вход (1); Общий (3); Выход (2)	Общий; Регулир.; Вход; Выход; Общ корпус	Вход 4; Выход 1; Общий 3; Регулир. 2	Вход 1; Общий 3; Общий; Выход 2; Регулир. 4

7	8	9	10
Общий; Выход 3; Общий 2; Вход 1	Регулир. 4; Выход 3; Вход 2; Общий 1; Общий	Вход; Выход 2; Общий 1	Выход 2; Вход 3; Общий 1

11	12	13	14
Вход 4; Выход 3; Вход корпус; Общий 1; Регулир 2	Вход 4; Выход 3; 2; Общий 1; Регулир	Общий 1; Вход 4; Вход; Вход; Регулировка 2; Выход 3	Вход 2; Выход 3; Подстр. 1

15	16	17	18а
Общий 4; Регулир. 1; Вход 3; Выход 2	Упр. 1; Огранич 2; Чувствит. 3; Вход– 4; Вход+ 5; U опорн 6; V– 7; Упр. 8; V_z 9; $V_{вых}$ 10; V_c 11; V+ 12; Компенсат. 13; Упр. 14	Пост. огранич. 10; Компенс питание 9; V+ 8; V_c 7; $V_{вых}$ 6; V– 5; Uопорн 4; Вх+ 3; Вх.– 2; Чувствит. 1	Вход 2; Выход 3; Подстроечный 1

18б	19	20	21
Вход 2; Выход 3; Регулировка 1	Выход 2; Корпус; Вход 1	Выход; Вход; Корпус	Выход; Корпус; Вход

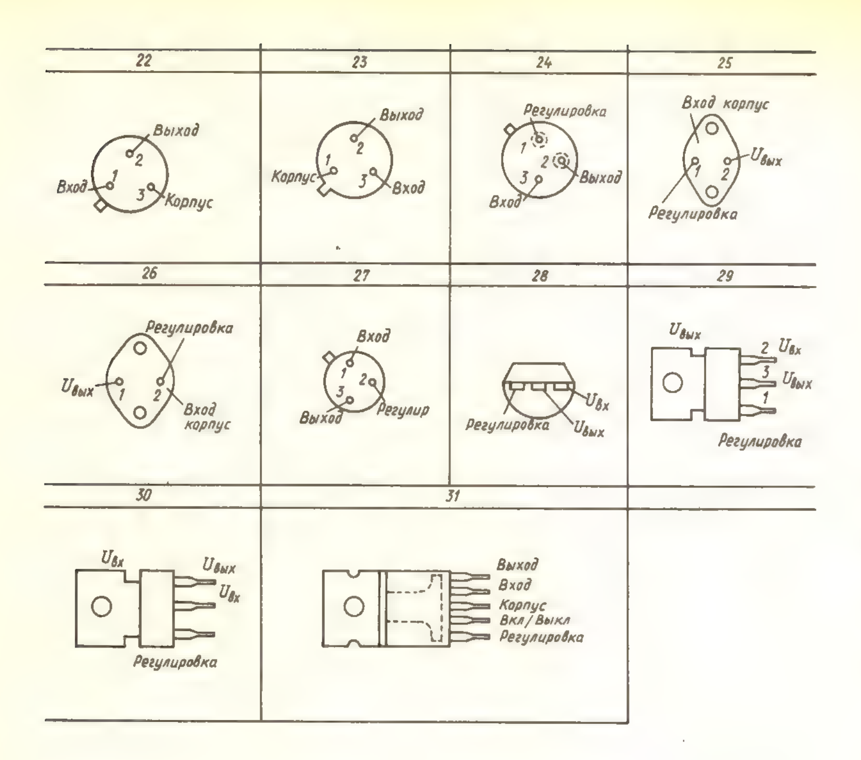


Таблица 4.22. **Цветовая мнемоническая маркировка выпрямительных диодов**

Диод	Материал корпуса и цвет	Маркировка	№ рис. корпуса
КД102А КД102В КД103А	Пластмассовый, черный	Зеленая точка Синяя » Синяя точка или две точки — синяя и белая или синяя и зеленая	1
КД103Б КД104А	Пластмассовый, зеленый	Желтая точка или две точки — желтая и зеленая или оранжевая и синяя Белая и желтая точки	1
КД105Б КД105В КД105Г КД106А	Пластмассовый	— Зеленая точка Красная » Белая точка	2 3
ГД107А ГД107Б	Стеклянный	Черная полоса Серая »	4
КД109А КД109Б КД109В	Пластмассовый	Белая точка Желтая » Зеленая »	5

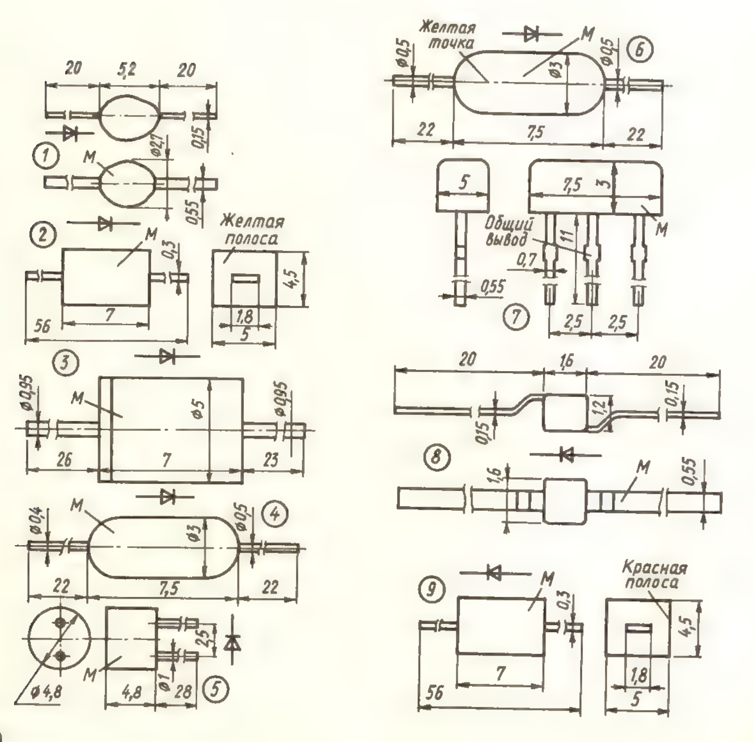
Продолжение табл. 4.22

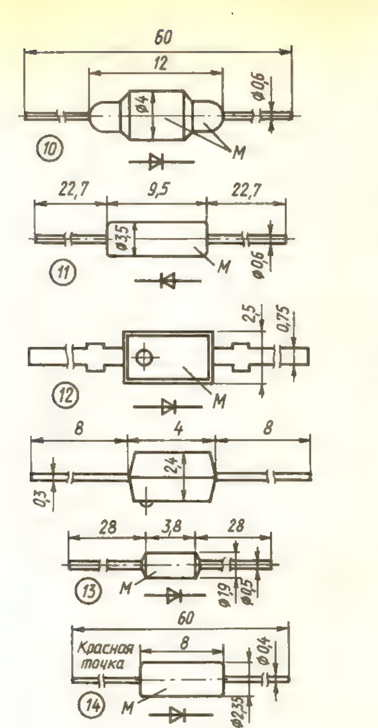
Диод	Материал корпуса и цвет	Маркировка	№ рис. корпуса
Д2Б Д2В Д2Г Д2Д Д2Е Д2Ж Д211	Стеклянный	Белая точка или полоса Оранжевая » » Красная » » Голубая » » Зеленая » » Черная » » Серая » »	6
КДС111А КДС111Б КДС111В	Пластмассовый, коричневый или черный	Красная точка Зеленая » Желтая »	7
КД116А-1 КД116Б-1	Бескорпусный, в индивидуальной таре	Тип указан на таре-спутнике Синяя точка	8
КД209А КД209Б КД209В	Пластмассовый	— Зеленая точка Красная »	9
Д219А Д220 Д220А Д220Б	Металлостеклянный	Черная точка на катодном выводе и красная — на корпусе Синяя точка на катодном выводе Черная точка на катодном выводе и желтая — на корпусе Зеленая точка на катодном выводе	10
ГД511А ГД511Б ГД511В	Стеклянный	Две голубые точки Голубая и желтая точки Голубая и оранжевая точки	11
КД409А	Пластмассовый	Желтая точка	12
КД519А КД519Б КД522А КД522Б	Стеклянный	Белая точка Красная » Две черные кольцевые полосы Три черные кольцевые полосы	13
Д9Б Д9В Д9Г Д9Д Д9Е Д9Ж Д9И Д9К Д9Л	Стеклянный	Красная точка Оранжевая » Желтая » Белая » Голубая » Зеленая и голубая точки Две желтые точки Две белые » Две зеленые »	14
КД901А КД901Б КД901В КД901Г КД904А КД904Б КД904В КД904Г КД904Д КД904Е	Бескорпусная	Одна точка Две точки Три » Четыре » Одна красная точка Две красные точки Три » » Четыре » » Одна красная и две синие точки Две красные и две синие точки	15

Диод	Материал корпуса и цвет	Маркировка	№ рис. корпуса
Д10 Д10А Д10Б	Металлостеклянный	Зеленая точка Желтая » Красная »	16
КД413А КД413Б	Стеклянный	— Красная точка	17
КД521А КД521В КД521Г	Стеклянный	Три синие кольцевые полосы Три желтые » Три белые »	13
КД910А-1 КД910Б-1 КД910В-1 КД911А-1 КД911Б-1	Бескорпусная	Красная точка Две красные точки Три » » Черная точка Белая »	18

Примечания: 1. У тех диодов, на корпусе которых отсутствует цветная метка, полоса или другой знак, обозначающие анодный вывод, место цветовой маркировки смещено в сторону вывода анода (оно обозначено на чертежах буквой М).

2. Некоторые типы диодов были выпущены в нескольких вариантах корпуса.





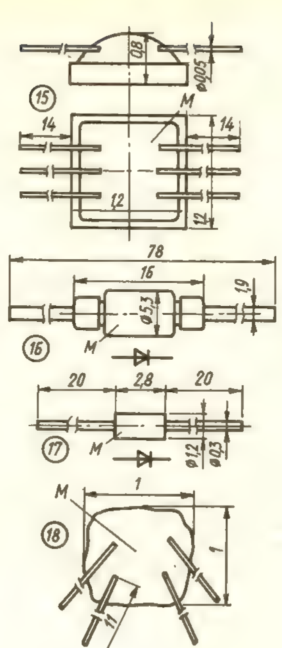


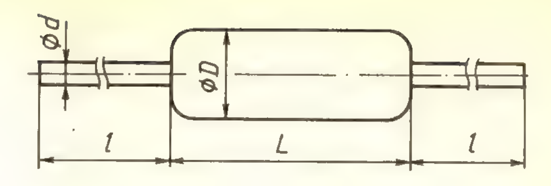
Таблица 4.23. **Стабилитроны**

Стабилитрон	Цвет корпуса[1]	Маркировка (кольцевая полоса)	№ варианта корпуса (по рис.)
КС133А КС139А КС147А КС156А КС168А	Не окрашен; голубая кольцевая полоса со стороны вывода катода[2]	Со стороны вывода анода: Белая Зеленая Серая Оранжевая Красная	1
КС1337 КС139Г КС147Г КС156Г	Не окрашен	Оранжевая[3] Серая Зеленая Красная	2
КС175Е КС182Е КС191Е КС210Е КС211Е КС212Е КС213Е	Не окрашен; зеленая метка на торце у вывода катода	Со стороны вывода катода: Белая Желтая Голубая Зеленая Синяя Оранжевая Черная	3

Стабилитрон	Цвет корпуса[1]	Маркировка (кольцевая полоса)		№ варианта корпуса (по рис.)
		Со стороны вывода анода:		
КС175Ж	Серый	Белая		4
КС182Ж	»	Желтая		
КС191Ж	»	Красная		
КС210Ж	»	Зеленая		
КС211Ж	»	Синяя		
КС212Ж	»	Черная		
КС213Ж	»	Голубая		
КС215Ж	Черный	Белая		
КС216Ж	»	Желтая		
КС218Ж	»	Красная		
КС220Ж	»	Зеленая		
КС222Ж	»	Синяя		
КС224Ж	»	Голубая		
КС405А	Серый	Красная полоса со стороны вывода катода; черная полоса со стороны вывода анода		3
		Со стороны вывода		
		катода	анода	
КС406А	Черный	Серая	Белая	3
КС406Б		Белая	Оранжевая	
КС508Б		Желтая	Белая	
КС508В		Красная	Зеленая	
КС508Г		Голубая	Белая	
КС508Д		Зеленая	Белая	
		Со стороны вывода анода:		
КС407А	Черный; красная кольцевая полоса со стороны вывода катода	Голубая		3
КС407Б		Оранжевая		
КС407В		Желтая		
КС407Г		Зеленая		
КС407Д		Серая		
		Со стороны вывода анода:		
КС509А	Белый или серый; голубая кольцевая полоса со стороны вывода катода	Красная		5
КС509Б		Желтая		
КС509В		Зеленая		

Примечания: 1. Корпус приборов — стеклянный. 2. В режиме стабилизации полярность включения стабилитрона должна быть обратной (то есть плюс — на катоде, минус — на аноде). 3. Приборы этой серии маркируют не кольцевой полосой, а цветной меткой на корпусе со стороны вывода катода. Допускается цифро-буквенная маркировка.

Рис. 4.43. Маркировка стабилитронов



№ варианта корпуса	Размеры, мм			
	∅ d	∅ D	L	l
1	0,6	3	7,5	26
2	0,5	3	7,5	28
3	0,56	2,2	5,4	28
4	0,5	2,7	4,7	28
5	0,86	2,7	5,2	28

4.5. РЕМОНТ И РЕГУЛИРОВКА УСИЛИТЕЛЕЙ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ (УЗЧ)

Усилитель звуковой частоты (УЗЧ) обычно состоит из следующих каскадов (рис. 4.44):

— входное устройство включает в себя входные гнезда для подключения сигнала, делители напряжения входного сигнала, цепи коммутации;

— предварительный усилитель повышает напряжение сигнала до величины, необходимой для нормальной работы усилителя мощности ЗЧ (блок тембров имеет коэффициент передачи 1 или ослабляет сигнал);

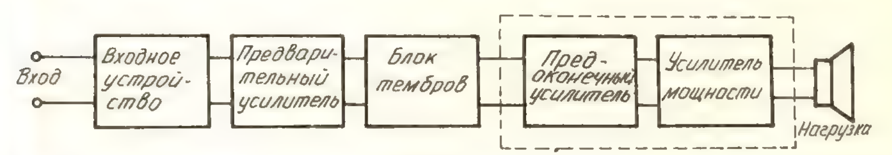


Рис. 4.44. Структурная схема УЗЧ

— блок тембров регулирует АЧХ усилителя; оконечный усилитель позволяет получить заданную мощность сигнала звуковой частоты в нагрузке.

Каскады УЗЧ выполняются на транзисторах и микросхемах. Усилители аппаратов 70-х годов как отечественные, так и зарубежные имели классические транзисторные каскады предварительных усилителей и тембров, простые входные устройства с «механической» коммутацией входных сигналов, а оконечные усилители строились по трансформаторной двухтактной схеме (рис. 4.45).

В мощных УЗЧ применялись схемы температурной стабилизации режима выходных транзисторов, цепи отрицательной обратной связи и др.

Такие усилители сравнительно просты в ремонте и регулировке, и даже отсутствие принципиальных схем зарубежных аппаратов не вызывает особых трудностей.

Усилители 80-х годов более качественные, и схемы сложнее. Так, во входных устройствах часто применяется электронная коммутация входов усилителя, предварительные усилители строятся с применением как биполярных, так и полевых транзисторов, а также на микросхемах. Каскады имеют чаще непосредственную связь между собой и др. Регуляторы тембра чаще активные на интегральных схемах, а оконечные усилители строятся по бестрансформаторной схеме (рис. 4.46) с глубокой общей или местной отрицательной обратной связью. Оконечные каскады

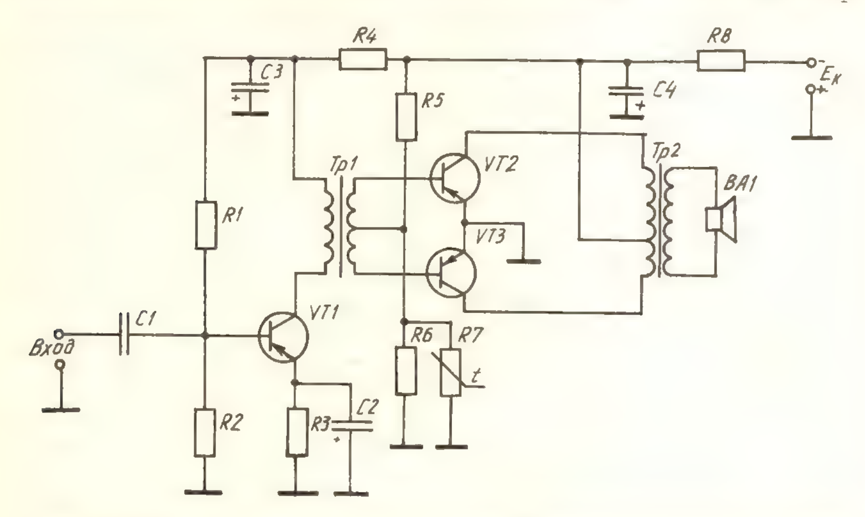


Рис. 4.45. Принципиальная схема двухтактного трансформаторного выходного каскада

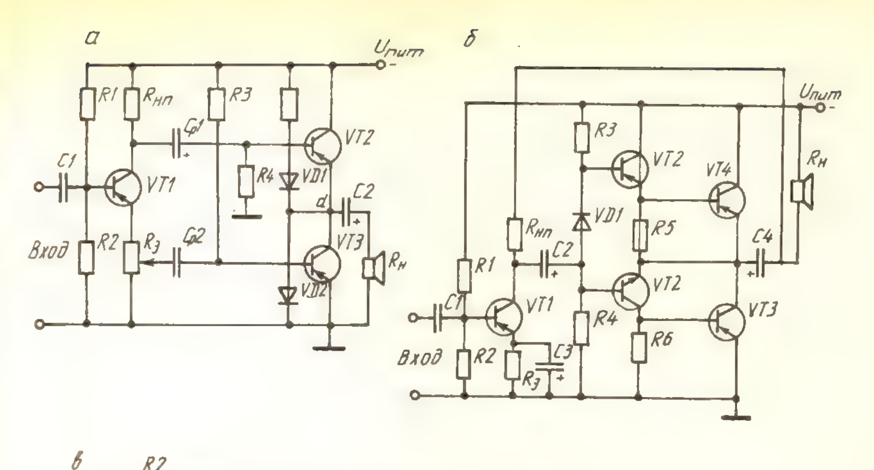
усилителей мощности звуковой частоты (УМЗЧ) работают в режиме *B*, *AB*. Выходные каскады некоторых мощных высококачественных усилителей зарубежных фирм работают в режиме *A*, что позволяет получить минимальную величину коэффициента нелинейных и интермодуляционных искажений (сотые и тысячные доли процента).

Для проверки работоспособности УЗЧ необходимы следующие электро- и радиоизмерительные приборы: генератор звуковой частоты, имеющий собственный коэффициент гармоник хотя бы в 10 раз ниже, чем у проверяемого усилителя (с возможностью регулировки величины выходного напряжения и выходного сопротивления); электронный вольтметр переменного тока (с пределом измерения от нескольких милливольт до десятков вольт); измеритель нелинейных искажений; электронный осциллограф.

Подключение приборов для проверки УЗЧ показано на рис. 4.47. Для исключения влияния наводок входные цепи усилителя (провода от генератора ЗЧ и вольтметра) необходимо экранировать. Если входное сопротивление усилителя (каскада) не равно выходному сопротивлению генератора, то сигнал с генератора подают через согласующее устройство, состоящее из резисторов *R1*, *R2*.

Величина сопротивления резистора *R1* равна выходному сопротивлению генератора. При этом общее сопротивление, подключенное ко входу усилителя (каскада), станет равным:

$R_{вых.общ} = R_{вых.ген} R1 / (R_{вых.ген} + R1).$



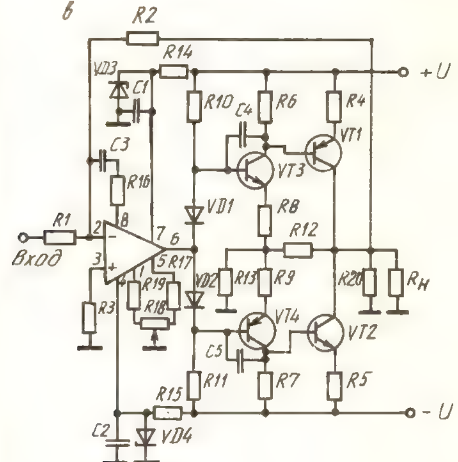


Рис. 4.46. Принципиальные схемы бестрансформаторных усилителей ЗЧ:

а, б — с однополярным питанием; *в* — с двухполярным питанием

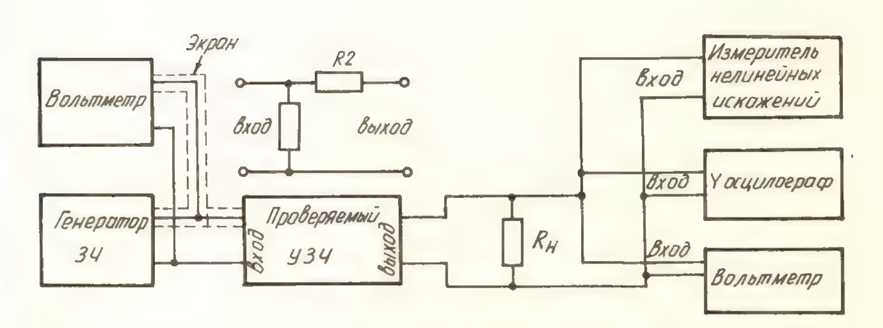


Рис. 4.47. Структурная схема подключения приборов для проверки УЗЧ

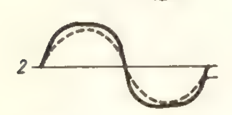
Если при проверке каскадов $R_{вых.\ общ}$ окажется меньше выходного сопротивления отключенного каскада, блока, то для согласования этих сопротивлений надо включить последовательно добавочный резистор $R2 = R_{вых.бл} - R_{вых.общ}$. Для измерения переменного напряжения к выходу усилителя подключают электронный вольтметр и осциллограф. Если громкоговоритель при настройке отключен, то вместо него подключают нагрузочный резистор $R_н$, равный сопротивлению громкоговорителя. При необходимости определения выходного сопротивления каскада (входного сопротивления следующего) измеряют напряжение $U_{вых}$ на его выходе, затем к выходу каскада подключают переменный резистор R, отключив вход следующего каскада. Величину сопротивления резистора R подбирают такой, чтобы напряжение на нем было равно $U_{вых}/2$, тогда выходное сопротивление каскада равно R. При таких измерениях на вход испытуемого каскада подают синусоидальный сигнал рабочей частоты и напряжением, обеспечивающим неискаженный сигнал на выходе.

Проверку УЗЧ и отдельных каскадов осуществляют методом промежуточных измерений, подавая на вход напряжение с генератора звуковой частоты 1 кГц, а величина напряжения равна чувствительности усилителя (каскада), и измеряют напряжение на выходе. При исправном усилителе (каскаде) сигнал проходит на выход, а на экране осциллографа должна быть неискаженная синусоида. Если сигнал на выход усилителя не проходит, то после тщательного внешнего осмотра и проверки наличия напряжения питания производят покаскадную проверку на прохождение сигнала до обнаружения каскада, через который сигнал не проходит. В неисправном каскаде измеряют режим питания усилительного элемента, проверяют другие детали и соединения между ними до обнаружения неисправной и, устранив причины выхода ее со строя, заменяют.

Отклонение формы сигнала от синусоидальной свидетельствует о неисправностях в схеме усилителя. На экране осциллографа хорошо заметны большие искажения сигнала (более 10 %). Для более точной оценки формы сигнала осциллограф, изменив его чувствительность, сначала подключают к выходу генератора ЗЧ, а затем сразу к выходу усилителя. Легче заметить отличия формы сигнала при использовании двухлучевого осциллографа, когда на экране видны сразу два сигнала: от генератора ЗЧ и выходной с усилителя, а их можно совместить.

Формы сигнала на выходе усилителя при различных неисправностях приведены в табл. 4.24.

Таблица 4.24. **Осциллограммы формы сигнала на выходе УЗЧ при различных неисправностях в выходных каскадах**

Форма осциллограммы	Вероятная причина неисправности	Способ устранения неисправности
1	2	3
1	Недостаточное напряжение смещения на базах выходных транзисторов	Увеличить напряжение смещения изменением сопротивления соответствующих резисторов
	Завышенное напряжение смещения на базах выходных транзисторов	Уменьшить напряжение смещения соответствующими резисторами

1	2	3
3	Большое напряжение смещения	Уменьшить напряжение смещения до получения неискаженного сигнала
4	Завышенный уровень сигнала на входе усилителя, заниженное напряжение питания; неправильно выбран режим работы выходных транзисторов; неисправны транзисторы	Уменьшить напряжение сигнала на входе усилителя до появления неискаженного сигнала. Если выходная мощность при этом меньше номинальной, то проверить напряжение питания, отрегулировать режимы транзисторов, заменить их
5	Выходные (предвыходные) транзисторы имеют разные параметры (коэффициент передачи тока)	Подобрать транзисторы с одинаковыми коэффициентами передачи тока
6	Самовозбуждение усилителя	Проверить экранировку проводов входных цепей, цепи отрицательной обратной связи, отрегулировать режим питания по постоянному току, заменить транзисторы
7	Завышенные пульсации напряжения питания усилителя	Увеличить емкость конденсаторов фильтра (заменить их)

Проверку и испытание усилителя при помощи осциллографа можно производить, подавая на вход УЗЧ прямоугольные импульсы. Прямоугольный импульс — это относительно сложный сигнал, состоящий из суммы простых синусоидальных сигналов, называемых гармониками. Частота первой гармоники совпадает с частотой следования импульсов, частота второй гармоники в 2 раза выше, третьей — в 3 раза выше и т. д.

В импульсном сигнале хорошо выражены до 10 гармоник, т. е. при подаче на вход усилителя ЗЧ прямоугольных импульсов частотой 20 Гц это равносильно воздействию на вход усилителя синусоидальных сигналов с частотами от 20 Гц до 200...300 Гц. А при подаче на вход усилителя прямоугольных импульсов частотой 1 кГц диапазон испытательных сигналов расширяется до 10...15 кГц и т. д.

Подключив к выходу усилителя осциллограф, на экране получим изображение прямоугольного импульса, которое будет неискаженным только в том случае, если все составляющие сигнала (гармоники) пройдут через усилитель неискаженными. Если же форма импульса на выходе искажена, то по характеру искажения можно определить неисправность усилителя (рис. 4.48). Искажения плоской вершины прямоугольного импульса (искривления и наклон) обусловлены низкочастотными искажениями сигнала в цепях усилителя, а искажение фронта и среза импульса (растягивание, закругление) — высокочастотными. Испытание УЗЧ при

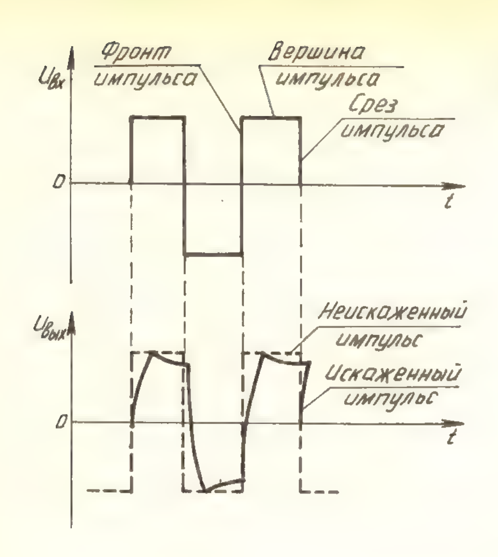


Рис. 4.48. Форма прямоугольных импульсов на входе и выходе УЗЧ

помощи прямоугольных импульсов позволяет найти различные неисправности: неравномерность усиления сигналов различных частот, паразитную генерацию, фон переменного тока и другие (табл. 4.25). На практике в усилителе могут быть искажения нескольких видов, присутствующих одновременно, и осциллограмма импульса на выходе будет сложной. Надо также помнить, что усилитель вертикального отклонения осциллографа не идеален и имеет искажения. Поэтому перед началом испытания УЗЧ целесообразно на вход осциллографа подать испытательные прямоугольные импульсы и зарисовать их форму, которая и будет эталоном для сравнения с импульсом на выходе проверяемого УЗЧ.

Таблица 4.25. **Графическое изображение осциллограмм напряжений при различных неисправностях УЗЧ**

Осциллограмма выходного напряжения УЗЧ	Возможные неисправности УЗЧ
1	Ослабление усиления напряжения верхних звуковых частот входного сигнала УЗЧ
2	Ослабление усиления напряжения низких звуковых частот входного сигнала УЗЧ
3	Снижение усиления напряжения низших и средних звуковых частот

Осциллограмма выходного напряжения УЗЧ	Возможные неисправности УЗЧ
4	Подъем усиления напряжения низших частот звукового сигнала
5	Подъем усиления на средних частотах
6	Наличие в усилителе паразитных колебаний, частоты которых выше верхней рабочей частоты

------ неискаженный сигнал
—— сигнал с искажением

Неисправности УЗЧ

Если на выходе усилителя отсутствует сигнал, надо убедиться в надежности контактов во входных гнездах усилителя и целостности соединительных шнуров, правильности установки коммутатора входов. Для этого отсоединяют шнур от входа УЗЧ, регулятор громкости устанавливают в среднее положение (чтобы не перегружались каскады УЗЧ) и на вход подают сигнал с генератора звуковой частоты напряжением, равным чувствительности входа. При отсутствии генератора можно просто прикоснуться к входным гнездам пинцетом, отверткой и т. п. Если в громкоговорителе будет слышен сигнал генератора или гудение от прикосновения отверткой и вольтметр или осциллограф, подключенный параллельно нагрузке, регистрирует наличие сигнала, то усилитель работает, а неисправность в соединительных шнурах или источнике сигнала (магнитофоне, проигрывателе).

Для проверки исправности шнуров нужно их вставить во входные гнезда УЗЧ и прикоснуться к их контактам; если они исправны — в громкоговорителе слышен звук, в противном случае их нужно проверить омметром (может быть, они присоединены не к тем контактам). Если же при проверке отсутствует сигнал на выходе усилителя, то после проверки целостности предохранителя и шнура питания приступают к его вскрытию и ремонту. При этом проверяют надежность контактов разъемов, отсутствие обгорелых, обугленных резисторов, дорожек плат, проводников (особенно в оконечном усилителе мощности), трещин или мельчайших разрушений на корпусах микросхем и транзисторов, электролитических конденсаторов. Затем, соблюдая правила техники безопасности, включают питание УЗЧ и сразу проверяют наличие напряжения (и его величину) в схеме. Если при включении напряжение уменьшается, то это свидетельствует о наличии цепи с большой утечкой тока или коротком замыкании

в схеме усилителя или самого источника питания. При этом питание сразу отключают и прикасаются пальцем к корпусам выходных и предвыходных транзисторов, к регулирующему транзистору стабилизатора, обмотке трансформатора питания. Если они горячие, то это признак пробоя этих элементов. В усилителях зарубежного производства часто на плате усилителя мощности находится ряд предохранителей (и нет гнезд предохранителей на корпусе). В этом случае при осмотре необходимо проверить их целостность. Сгоревшие заменить после анализа причин большего тока. О наличии питания косвенно можно судить по характерному шуму в громкоговорителях после включения усилителя.

При нормальном питании каскадов усилителя можно проверить ток покоя (без сигнала) выходного каскада и усилителя в целом. Если же он значительно больше нормы, то это свидетельствует о большой утечке тока в схеме из-за возможных неисправностей электролитических конденсаторов фильтров; стабилитронов, питающих отдельные каскады; пробоя транзисторов; сильного отклонения режима (особенно выходных каскадов).

Если же режим питания каскадов усилителя нормальный, а сигнала на выходе нет, то можно приступать к проверке отдельных блоков усилителя, а затем и каскадов методом промежуточных измерений (на прохождение сигнала).

Обычно, используя этот метод, начинают проверку с последнего каскада, т. е. от выхода к входу схемы. Но если полный усилитель содержит много каскадов, то можно начать проверку с середины схемы. К примеру, подают сигнал ЗЧ на вход усилителя мощности, и если он проходит на выход, то эта часть схемы исправна. Величина напряжения сигнала равна примерно чувствительности входа (в промышленных УЗЧ $U_{вх} = 0,7$ В, а в малогабаритных радиоприемниках и магнитофонах — десятки мВ). Итак, усилитель мощности исправен, дальше аналогично проверяют блок регуляторов громкости и тембра, предварительный усилитель и др. При этом величина напряжения подаваемого на вход уменьшается примерно в 10 раз на каждый усилительный каскад. Но надо помнить, что пассивные регуляторы тембра ослабляют сигнал примерно в 10 раз.

Если при подаче сигнала на вход усилителя мощности на выходе сигнал отсутствует, то можно начать покаскадную проверку, начиная с выходного. Проверку УЗЧ можно проводить комбинацией методов на прохождение сигнала и измерения параметров. При этом на вход усилителя подают сигнал, а осциллографом контролируют его наличие на выходе усилителя, на выходах отдельных каскадов, до обнаружения каскада на выходе, у которого нет сигнала.

Причинами заниженной выходной мощности УЗЧ могут быть: заниженный уровень сигнала на входе усилителя; заниженное напряжение питания усилителя или отдельных его каскадов (особенно выходных); увеличение сопротивления нагрузки; недостаточная мощность источника питания (при нормальном напряжении источник не дает достаточного тока при увеличении громкости); неисправности в цепях отрицательных обратных связей каскадов и всего усилителя мощности; заниженная чувствительность усилителя мощности (или отдельных его каскадов); нарушение режима работы каскадов (особенно выходных); неисправности разделительных конденсаторов (если они имеются); отсутствие питания одного плеча двухтактного усилителя или выход из строя одного транзистора (при слабой мощности и очень больших искажениях).

Отыскание неисправности можно начать с проверки сопротивления акустической системы, уровня входного сигнала (уровня выходного сигнала источника), затем величины напряжения питания схемы, режима

питания выходных каскадов. При исправных вышеназванных цепях следует проверить чувствительность усилителя мощности и предварительного усилителя. При заниженной чувствительности (требуется значительно большее напряжение на входе каскада для получения номинальной выходной мощности) более тщательно проверяют режим питания каскада и регулируют его; проверяют цепи отрицательной обратной связи; корректирующие цепи, включенные параллельно прохождению сигнала; элементы, определяющие усиление микросхем (и элементы коррекции), а затем возможна и замена транзистора, микросхемы на экземпляр с более высоким коэффициентом усиления.

Причинами сильных искажений сигнала на выходе усилителя могут быть: завышенный уровень сигнала на входе усилителя или отдельных его блоков и каскадов; завышенная чувствительность усилителя или отдельных его блоков и каскадов; ненормальный режим работы усилительных элементов (особенно выходного каскада); неисправности цепей обратных связей; недостаточная мощность источника питания (искажения при увеличении громкости); неисправности разделительных конденсаторов (если имеются в схеме) и конденсаторов эмиттерных цепей; недостаточная мощность или межвитковые замыкания согласующих выходных трансформаторов усилителей с трансформаторными выходными каскадами; недостаточная мощность выходных транзисторов, их перегрев (при увеличении мощности); чрезмерно высокий коэффициент усиления примененных экземпляров транзисторов, микросхем.

Эксперименты показали, что нелинейные искажения сигнала в значительной степени зависят от монтажа блоков, каскадов усилителя, мест присоединения заземляющих проводников, экранов, общих проводов питания, мест прокладки и закрепления жгутов и др. Так, к примеру, при подключении общего провода громкоговорителя к плате, коэффициент гармоник усилителя в 3 раза ниже, чем при присоединении его к общему проводу питания. Свою долю в это вносят и оксидные конденсаторы из-за нелинейности их сопротивления утечки. Кроме того, особенности монтажа влияют и на возникновение различных наводок, помех, самовозбуждения и т. п. При ремонте промышленного усилителя, когда вскрыт его монтаж, надо внимательно его осмотреть и запомнить, как он выполнен: где проложены жгуты, где припаяны или привинчены соединения с корпусом и т. п., и после ремонта восстановить весь монтаж и компоновку в первозданном виде.

Причинами завышенного фона с частой 50 Гц, 100 Гц может быть недостаточная фильтрация выпрямленного напряжения. Чтобы убедиться в этом, параллельно конденсаторам фильтра питания подключают электролитические конденсаторы большой емкости (тысячи микрофарад) с рабочим напряжением выше действующего в схеме. Если в момент присоединения будет замечено уменьшение фона, то причина установлена.

Подготовка УЗЧ к регулировке

После окончания ремонта, если производилась пайка при замене деталей и др., монтаж тщательно осматривают, удаляют остатки олова, подправляют пайки, удаляют остатки флюса и, желательно, покрывают изоляционным лаком. Монтажные провода и жгуты укладывают на прежнее место, проверяют соединения экранов с шасси (общим проводом). При замене транзисторов выходного каскада подбирают выходные и предвыходные транзисторы с примерно одинаковым коэффициентом передачи тока $h_{21e}(\beta)$.

Затем производят установку режимов по постоянному току. Если при включении усилителя режимы «плавают», т. е. непрерывно изменяются, то возможно самовозбуждение усилителя и режим установить не удастся. Иногда его не удается установить из-за больших токов утечки через электролитические конденсаторы межкаскадной связи. Регулировку режима лучше производить без выходных транзисторов (в случае неисправности может привести к их сгоранию), а затем, если все нормально, подключить выходные мощные транзисторы; и если не удается установить половину напряжения питания (если однополярное питание) или ток покоя, то транзисторы следует подобрать одинаковые.

Проверка основных параметров УЗЧ

Чувствительность УЗЧ. Под чувствительностью УЗЧ понимается минимальный уровень входного сигнала, обеспечивающий номинальную входную мощность при максимальном усилении.

Для ее измерения ко входу усилителя подключают ГЗЧ и милливольтметр (рис. 4.47), к выходу усилителя — нагрузку, параллельно которой подключается вольтметр. Регулятор громкости усилителя устанавливают в положение максимального усиления, регуляторы тембра в положение 0 дБ. На ГЗЧ устанавливают частоту 1000 Гц и выходное напряжение несколько ниже ожидаемой чувствительности (величину контролируют вольтметром). Затем постепенно увеличивают напряжение на выходе генератора до момента, когда напряжение на нагрузке достигнет величины, соответствующей номинальной мощности ($U_{вых} = \sqrt{P_{ном} R_н}$). Значение напряжения на выходе генератора и будет равно чувствительности для данного входа усилителя. Аналогично проверяется чувствительность других входов усилителя. При заниженной чувствительности усилителя необходимо проверить величину напряжения питания схемы усилителя, а затем чувствительность отдельных его блоков и каскадов, начиная с выходного, до выявления каскада, со входа которого чувствительность занижена. В этом каскаде тщательно проверяют режим питания усилительного элемента, цепи отрицательной обратной связи, заменяют конденсаторы, включенные параллельно сопротивлению нагрузки эмиттера, элементы, определяющие коэффициент усиления каскада (особенно если каскад собран на микросхеме), и коэффициент усиления активного элемента (транзистора или микросхемы). При отсутствии возможности измерять усилительные свойства транзистора или микросхемы последние заменяют, подбирая элемент с необходимым усилением.

В многокаскадных усилителях поиск неисправности целесообразно начать с проверки чувствительности усилителя мощности, а при заниженной величине — с отдельных его каскадов и т. д.

При завышенной чувствительности усилителя может возникнуть самовозбуждение или подвозбуждение, из-за паразитной обратной связи между проводами измерительных приборов. При этом необходимо очень тщательно экранировать входные и выходные провода усилителя.

Проверка выходной мощности усилителя производится аналогично проверке чувствительности. На вход усилителя подается сигнал напряжением, равным чувствительности данного входа, и измеряется напряжение на нагрузке. Величина номинальной выходной мощности определяется из выражения $R_{вых} = U^2_{вых}/R_н$. При выходной мощности, оказавшейся ниже номинальной, проверяют чувствительность отдельных блоков аналогично предыдущему измерению.

Проверка АЧХ усилителя ЗЧ. АЧХ — это зависимость коэффициента усиления от частоты. Для этого ко входу УЗЧ присоединяют генератор ЗЧ, а параллельно нагрузке — вольтметр (см. рис. 4.47). Регулятор громкости усилителя устанавливают в положение максимального усиления, а регуляторы тембра в положение 0дБ. Напряжение сигнала на входе усилителя устанавливают равным чувствительности данного входа и все время его величину поддерживают неизменной. Изменяя частоту генератора от нижней до верхней, измеряют напряжение на нагрузке и определяют коэффициент усиления $K_f = U_{вых}/U_{вх}$.

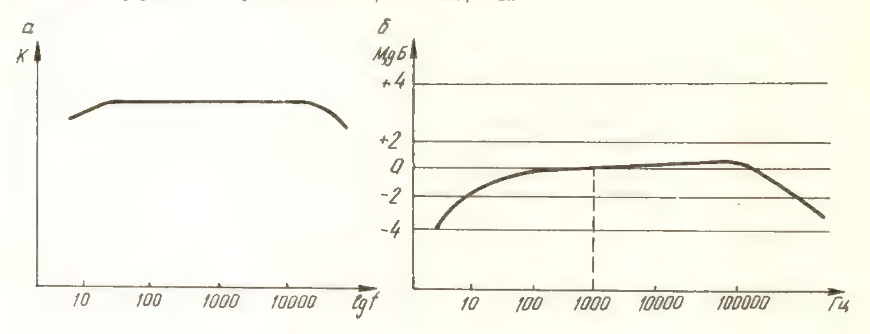


Рис. 4.49. Амплитудно-частотная характеристика УЗЧ:
а — зависимость *К* от частоты; *б* — зависимость частотных искажений от частоты

Данные измерений и расчетов записывают и по ним строят график АЧХ (рис. 4.49 *а*) обычно в логарифмическом масштабе. На графике наглядно видна неравномерность характеристики, которая должна находиться в определенных пределах в зависимости от класса усилителя. В технических характеристиках неравномерность частотной характеристики чаще задается в децибелах. Для ее построения по вертикальной оси характеристики откладывают значение коэффициента частотных искажений в децибелах $M = 20lg(K_{jb}K_{jн})/K_0$, где K_0 и K_f — коэффициенты усиления по напряжению соответственно на частоте 1000 Гц и на испытываемой частоте f (рис. 4.11, *б*). Коэффициент частотных искажений М показывает, на сколько децибелов усиление на данной частоте отличается от усиления на частоте 1000 Гц.

Аналогично проверяется идентичность стереоканалов, действие тембра и тонкомпенсации в децибелах, фиксируя каждый раз АЧХ усилителя. Но эти проверки можно производить и на отдельных частотах. Действие тонкомпенсации вычисляется на заданных верхней и нижней частотах и определяется как отношение коэффициента усиления на этих частотах к коэффициенту усиления на частоте 1000 Гц: $M = 20lg(K_{jb}K_{fн})/K_0$. Аналогично определяется действие регуляторов тембра на нижней $f_н$, средней $f_{ср}$ и верхней $f_в$ частотах в зависимости от количества регуляторов. Рассогласование усиления стереоканалов в усилителях в зависимости от частоты также можно измерять на указанных частотах или на частотах 250, 6300 и 10 000 Гц.

Проверка нелинейных искажений УЗЧ

Нелинейные искажения — это появление в выходном сигнале УЗЧ спектральных составляющих (гармоник), отсутствующих во входном сигнале. Причиной этих искажений является нелинейность вольт-ампер-

ных характеристик усилительных элементов (транзисторов, микросхем). От величины нелинейных искажений значительно зависит качество работы УЗЧ («естественность» звучания). К параметрам, характеризующим величину нелинейных искажений, относят коэффициент гармоник ($K_г$) и коэффициент интермодуляционных искажений ($K_{им}$). Причем величина $K_{им}$ в большей степени определяет качество работы УЗЧ. В высококлассных усилителях величины $K_г$ и $K_{им}$ достигают тысячных долей процента.

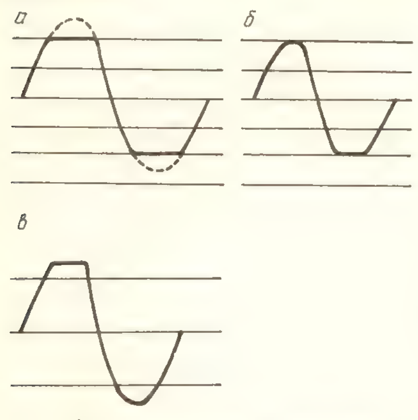


Рис. 4.50. Осциллограммы сигналов на выходе УЗЧ:
а — схема симметрична; *б, в* — схема несимметрична

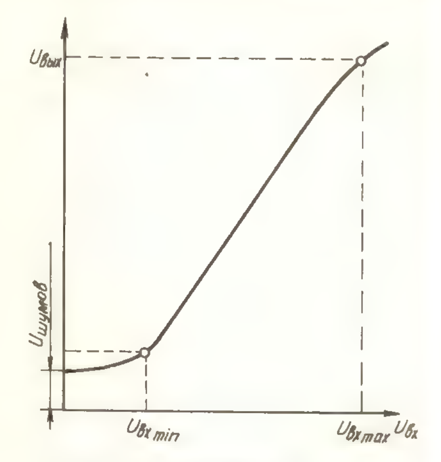


Рис. 4.51. Амплитудная характеристика УЗЧ

Для измерения $K_г$ приборы подключают согласно структурной схеме (см. рис. 4.44). Значение $K_г$ проверяют на разных частотах (указанных в технических характеристиках УЗЧ) при номинальной мощности сигнала на выходе.

На вход УЗЧ подают сигнал с ЗГЧ напряжением, равным чувствительности данного входа. Параллельно нагрузке подключают измеритель нелинейных искажений. Генератор ЗЧ должен иметь собственный $K_г$ хотя бы в 10 раз ниже ожидаемого значения $K_г$ усилителя.

Для измерения коэффициента интермодуляционных искажений на вход УЗЧ подают два напряжения нижней $f_н$ и верхней $f_в$ частоты с соотношением частот 4:1 и суммарным напряжением, равным номинальному, к выходу подключают анализатор спектра. Частоты могут быть любые, но рекомендуется выбирать выше на $^1/_3$ октавы нижней границы диапазона воспроизводимых частот, а f_2 изменяют от $6f_1$ до верхней границы.

Величину коэффициента интермодуляционных искажений вычисляют из выражения:

$$K_{им} = \frac{\sqrt{(U_{f_2+f_1} + U_{f_2} - U_{f_1})^2 + (U_{f_2+2f_1} + U_{f_2-2f_1})^2 + (U_{f_2+f_3-3f_1} + U_{f_2-3f_1})^2}}{U_{f_2}},$$

где U_{f_i} — напряжение на соответствующей частоте, измеренное анализатором спектра.

На рис. 4.52 показана простая измерительная схема для оценки интермодуляционных искажений в любительских условиях. Для простоты сигналом одной из частот считают напряжение сети 50 Гц, а другой —

5000 Гц (вместо предлагаемых стандартом частот 250 и 8000 Гц). Напряжения этих двух частот с соотношением амплитуд 4:1 подаются на вход проверяемого усилителя.

Наличие нелинейных элементов и цепей в усилителе приводит к возникновению на этих двух частотах биений: сигнал частотой 50 Гц промодулирует сигнал 5000 Гц. Глубина этой модуляции зависит от уровня нелинейных искажений усилителя. Сигнал биений подается на вход осциллографа через фильтр (рис. 4.53), исключающий низкочастотную

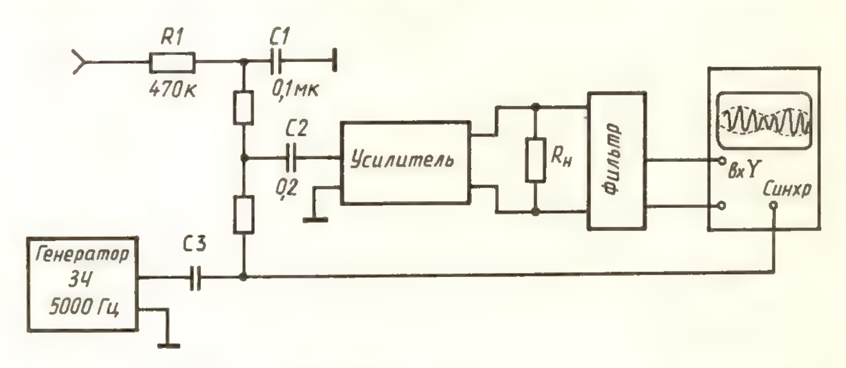


Рис. 4.52. Схема примерной проверки интермодуляционных искажений

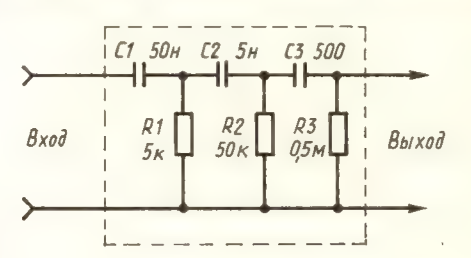


Рис. 4.53. Схема фильтра

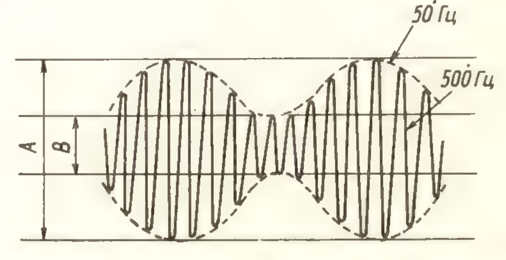


Рис. 4.54. Примерный вид осциллограммы при интермодуляционных искажениях

составляющую сигнала. Осциллограф работает с внешней синхронизацией. По наблюдаемой на экране осциллограмме (рис. 4.54) можно ориентировочно рассчитать коэффициент интермодуляционных искажений:

$$K_{им} = \frac{A - B}{A + B} \cdot 100\ \%,$$

где A и B — размеры изображения максимума (A) и минимума (B) в см, мм или вольтах.

При *завышенных значениях* $K_г$ и $K_{им}$ тщательно проверяют и устанавливают указанные на схеме режимы транзисторов по постоянному и

переменному току (начиная с выходных); подбирают и устанавливают выходные, предвыходные транзисторы с одинаковым коэффициентом передачи тока; проверяют и подбирают элементы цепей отрицательных обратных связей; проверяют амплитудную характеристику усилителя, а по ней возможные уровни входных сигналов. Для более точного определения каскадов, вносящих завышенные нелинейные искажения, можно проверить коэффициент гармоник отдельно предварительного усилителя и усилителя мощности. После ремонта и регулировки УЗЧ производят проверку симметрии схемы УЗЧ. Для этого на его вход подают сигнал частотой 1000 Гц, напряжением, равным чувствительности устройства, параллельно нагрузке подключают осциллограф, регулятор громкости устанавливается в положение максимального усиления. Делителем входного сигнала осциллографа добиваются размера осциллограммы, примерно равного половине высоты экрана. Затем увеличивают напряжение на входе усилителя до появления ограничения сигнала на его выходе (наблюдая форму сигнала на экране осциллографа). Если ограничение наступает у обоих полупериодов одновременно (рис. 4.50*а*), значит, схема симметрична, а если не одновременно (рис. 4.50*б,в*), то она не симметрична. В последнем случае проверить равенство напряжений питания обоих плеч усилителя мощности, режимы усилительных элементов, коэффициенты передачи тока выходных, предвыходных транзисторов обоих плеч (должны быть равны).

Шумы и помехи в УЗЧ

Шумы усилителя обусловлены шумами транзисторов, пассивных элементов (в основном резисторов и оксидных конденсаторов).

Для уменьшения уровня собственных шумов усилителя выбирают малошумящие транзисторы, микросхемы, особенно во входных цепях, где уровень сигнала слабый.

В таких каскадах более точно должен быть установлен рабочий режим усилительных элементов и лучше работает схема температурной стабилизации. Транзисторы должны иметь как можно меньший обратный ток коллектора, на много меньше тока коллектора в рабочем режиме, и минимальную его зависимость от температуры окружающей среды.

Фон, обусловленный пульсациями питающих напряжений, проявляется в усилителях с питанием от сети переменного тока. Частота фона — 50, 100 Гц и частоты высших гармоник. Более чувствительны к пульсациям напряжения питания первые каскады УЗЧ, особенно на микросхемах с высоким коэффициентом усиления. Может возникнуть ситуация, когда напряжение пульсаций становится соизмеримым с уровнем сигнала. Для ослабления действий пульсаций повышают коэффициент сглаживания фильтров питания и в первых каскадах УЗЧ применяют дополнительные развязывающие фильтры $R\ C$ с большой постоянной времени ($\tau = R\ C$).

Такие фильтры уменьшают влияние паразитной обратной связи через источник питания, которая может привести не только к ухудшению качества звучания, но и к возбуждению усилителя. Действие этой связи следующее. При работе УЗЧ от источника потребляется ток в такт с сигналом. Этот ток, проходя через внутреннее сопротивление источника питания, создает на нем падение напряжения, т. е. напряжение источника питания пульсирует еще и с частотой сигнала. По цепям питания эти пульсации напряжения поступают на входы каскадов УЗЧ с какими-то фазовыми сдвигами, и если фаза напряжения сигнала и напряжения пульсаций совпадают, то возможно и возбуждение усилителя.

Помехи наводок от внешних источников помех

Источниками электромагнитных наводок могут быть трансформаторы питания, электродвигатели, фиррорезонансные стабилизаторы, электромагнитные реле, электромагниты и т. п.

Для уменьшения уровня электромагнитных наводок правильно размещают источники наводок относительно входных цепей и первого усилительного каскада, шасси усилителя изготавливают из немагнитных материалов, входные провода свивают, экранируют входные цепи.

Источниками электрических наводок являются провода, по которым текут переменные токи. Для уменьшения электрических наводок провода и элементы входного каскада помещают в экран из материала, имеющего высокую проводимость (медь, латунь, алюминиевые сплавы), экран электрически соединяют с шасси усилителя.

Поэтому во избежание помех и наводок после ремонта радиоаппаратуры необходимо тщательно восстановить порядок монтажа и все, что с ним связано: увязать в жгуты провода (как было до ремонта), уложить их на те же места; закрепить все экраны и проверить их соединение с корпусом; не применять удлинение проводов, жгутов; не изменять взаимное расположение жгутов, деталей, плат; не изменять мест присоединения экранов с шасси и мест соединения общих проводов питания. Надо полагать, что монтаж промышленного аппарата оптимальный и любое его изменение может ухудшить его технические характеристики, а с другой стороны, возможно и улучшение характеристик путем тщательного совершенствования монтажа.

Для *проверки уровня собственного шума* УЗЧ параллельно его входу при отключенном источнике сигнала подключают резистор сопротивлением, равным входному сопротивлению усилителя. Регулятор громкости устанавливают в положение максимального усиления, регуляторы тембра — в положение «широкая полоса». Параллельно нагрузке подключают электронный вольтметр или осциллограф и измеряют напряжение шума. Напряжение собственного шума должно иметь равномерный характер. При наличии внешних помех или возбуждения шумы носят импульсный характер. Уровень собственных шумов усилителя определяют отношением напряжения на выходе усилителя при номинальной мощности (сигнал подан на вход) к напряжению шума.

Это отношение выражают в децибелах.

Шумы есть в любом усилителе.

Это результат случайных, чаще тепловых, процессов, происходящих в усилительных элементах, резисторах и т. п.

При *завышенном уровне шумов* следует заменить транзистор, микросхему первого каскада на экземпляр с более низким уровнем шума, а шум первого каскада усиливается всеми остальными каскадами. Транзисторы «шумят» тем сильнее, чем больше напряжение на коллекторе и ток коллектора. Поэтому, по возможности, надо обеспечить облегченный режим работы усилительного элемента, но при этом сохранив необходимый коэффициент усиления каскада. Шум зависит и от обратного тока коллектора транзистора. Надо, чтобы он не превышал нормы для данного транзистора.

Измерение уровня фона производится аналогично измерению уровня шума, только напряжение фона на выходе усилителя производится с помощью анализатора гармоник, который позволяет выделить и измерить амплитуды составляющих фона, что позволяет легче определить возможный источник его. Для простых проверок напряжение фона можно измерить осциллографом, и в случае плохой фильтрации выпрямленного

напряжения на экране будут видны синусоиды частотой 50 или 100 Гц.

Причинами завышенного уровня фона являются: повышенный уровень пульсаций напряжения питания, плохая экранировка проводов входных цепей, обрыв заземления экранов, нарушены монтаж, взаимное расположение жгутов, проводов усилителя, неудачно выбраны точки присоединения с корпусом проводов питания, соединения громкоговорителей и др.

Амплитудная характеристика — это зависимость напряжения на выходе усилителя от напряжения на его входе. Ее определяют на средней

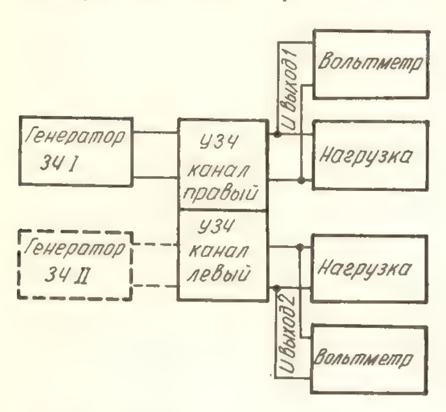


Рис. 4.55. Структурная схема измерения переходного затухания

частоте (1000 Гц). На вход УЗЧ подается сигнал от генератора ЗЧ минимально возможным напряжением (при котором напряжение на выходе примерно в 1,5 раза выше уровня шумов). Регулятор громкости устанавливается в положение максимального усиления. Измеряют и записывают напряжение на выходе УЗЧ. Затем постепенно увеличивают напряжение на входе (измеряют напряжение на выходе) до тех пор, пока напряжение на выходе перестает увеличиваться. По полученным данным строят амплитудную характеристику (рис. 4.51). Желательно, чтобы характеристика была как можно ближе к линейной. Для УЗЧ широкого применения допускаются небольшие отклонения от линейности.

Пользуясь амплитудной характеристикой, можно определить динамический диапазон УЗЧ: $Д_у = U_{вх.макс}/U_{вх.мин}$, где $U_{вх.макс}$ — максимальное входное напряжение, при котором нелинейные искажения не превышают указанных в технических характеристиках. Динамический диапазон выражают в децибелах. Одним из важных параметров стереофонических УЗЧ является переходное затухание между каналами (отношение полезного сигнала к сигналу, проникающему из другого канала).

Для измерения переходного затухания (рис. 4.55) сигнал частотой 1000 Гц и напряжением, обеспечивающим номинальную выходную мощность, подают на вход одного правого (или левого) канала. Вольтметром измеряют напряжение на выходе правого $U_{вых\ 1}$ и левого $U_{вых\ 2}$ канала. Отношение напряжения на выходе канала, к которому приложен сигнал $U_{вых\ 1}$, к выходному напряжению канала, к которому не приложен сигнал ($U_{вых\ 2}$), выраженное в децибелах, и является переходным затуханием между каналами, т. е. $A = 20\lg(U_{вых\ 1}/U_{вых\ 2})$ (дБ).

Причины самовозбуждения — паразитные положительные обратные связи между выходными и входными цепями усилителя, отдельных его каскадов, которые возникают из-за: изменения заводского монтажа, изменения взаимного расположения проводов входных и выходных цепей, изменения места контакта или отсутствия соединения с корпусом экранов

проводов входных цепей, паразитной электромеханической связи громкоговорителя со входом усилителя. К возбуждению усилителя приводят также неисправности в цепях отрицательной обратной связи, неисправности усилительных элементов (внутренние паразитные обратные связи), низкий или чрезмерно высокий коэффициент усиления транзисторов, микросхем. На низких частотах источником возбуждения может быть наличие паразитной обратной связи через общий источник питания (рокот на низкой частоте, как шум моторной лодки); устраняется обычно заменой конденсаторов фильтров или увеличением их емкости.

Самовозбуждение может возникнуть и на ультразвуковых частотах, которые мы не слышим, но это вызывает ухудшение качества звучания.

При самовозбуждении отыскание неисправности можно начать с определения самовозбуждающего каскада. Для этого вход усилителя замыкается по переменному току (например, параллельно входу включается конденсатор), а затем выход каждого каскада (начиная со входного) через конденсатор небольшой емкости соединяется с корпусом (общим проводом).

Если при этом самовозбуждение исчезает или изменяется его тон, то вероятным источником является этот каскад. Можно поочередно отключать питание от каскадов усилителя, начиная с первого, или прикоснуться пальцем к корпусам транзисторов, микросхем, и если при этом изменяется тон звука, то этот элемент неисправен. В неисправном каскаде проверяют режим работы усилительного элемента, элементы обратных связей, монтаж или заменяют усилительный элемент.

Причиной самовозбуждения операционного усилителя (ОУ), охваченного обратной связью, может быть наличие реактивного входного и выходного сопротивлений, которые вместе с реактивными сопротивлениями источника сигнала (предыдущего каскада) и цепей нагрузки образуют цепи, создающие благоприятные условия для возникновения паразитной обратной связи на определенных частотах в пределах рабочего диапазона усилителя.

Влияние входной емкости ($C_{вх}$) наиболее ощутимо в неинвертирующем включении ОУ, когда эта емкость дополнительно увеличивается из-за зависимости коэффициента усиления от частоты. Величина $C_{вх}$ зависит от емкости *p-n*-переходов входного транзистора, коэффициента усиления входного каскада ОУ и изменяется от единиц до сотен пикофарад. Причем большее ее значение сохраняется только на очень низких частотах (возможно до нескольких герц), а в рабочем диапазоне частот составляет несколько пикофарад. Эффективное значение емкости $C_{вх}$ можно уменьшить, включив в цепь положительной обратной связи конденсатор $C_к$, компенсирующий ток перезаряда входной паразитной емкости $C_{вх}$ (рис. 4.56). Степень компенсации токов и определяет результирующую входную емкость в соответствии с выражением $C_{вх.р} = C_{вх} - C_к R2/R1$.

Усилитель возбуждается, когда коэффициент передачи по емкостной петле ОС станет больше, чем по цепи отрицательной ОС.

На практике величину емкости $C_к$ подбирают от нескольких пикофарад до 10...20 пФ, пока не исчезнет самовозбуждение. Если в практической схеме такой конденсатор отсутствует, то его устанавливают. При этом надо помнить, что здесь вводится положительная ОС, а это увеличивает усиление высоких частот и может привести к усилению возбуждения (или к его появлению). В таком случае для устранения самовозбуждения надо применять другие способы.

Следующей причиной самовозбуждения ОУ может быть наличие емкости в его выходной цепи, во входных цепях нагрузки ($C_н$) (рис. 4.57). В этом случае для уменьшения действия $C_н$ в ОУ с внешней коррекцией

достаточно увеличить емкости корректирующих конденсаторов. Для усилителей с внутренней коррекцией либо вводят дополнительные цепи коррекции, либо подбирают ОУ с малым $P_{вых}$. Простая схема включения дополнительной цепи коррекции — это включение $R_ф C_ф$, которые уменьшают влияние нагрузки на выход ОУ ($R_ф C_н = R_{ос} C_ф$). Возбуждение ОУ может возникнуть из-за изменения режима питания: изменение величины питающих напряжений, увеличение их пульсаций, уменьшение стабильности напряжений питания. Если вышеперечисленные причины про-

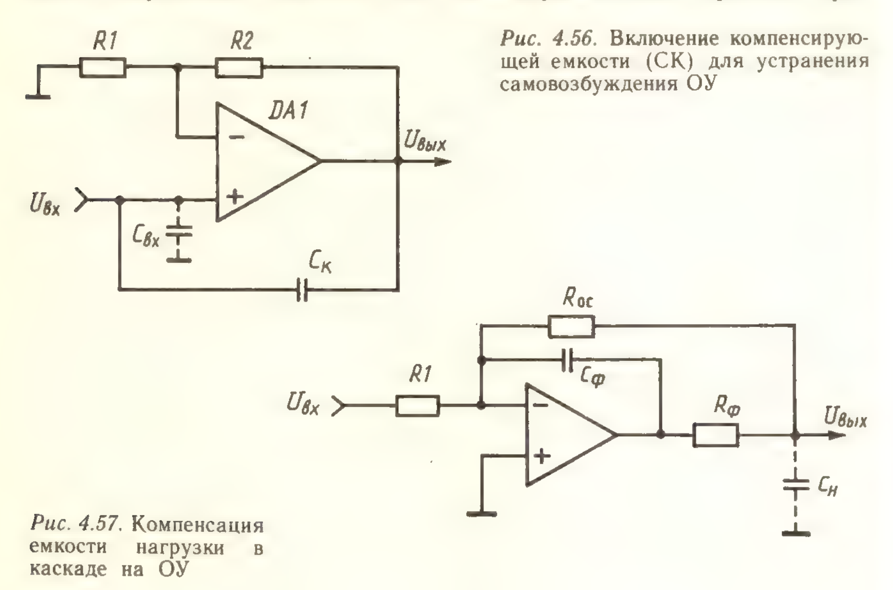


Рис. 4.56. Включение компенсирующей емкости (СК) для устранения самовозбуждения ОУ

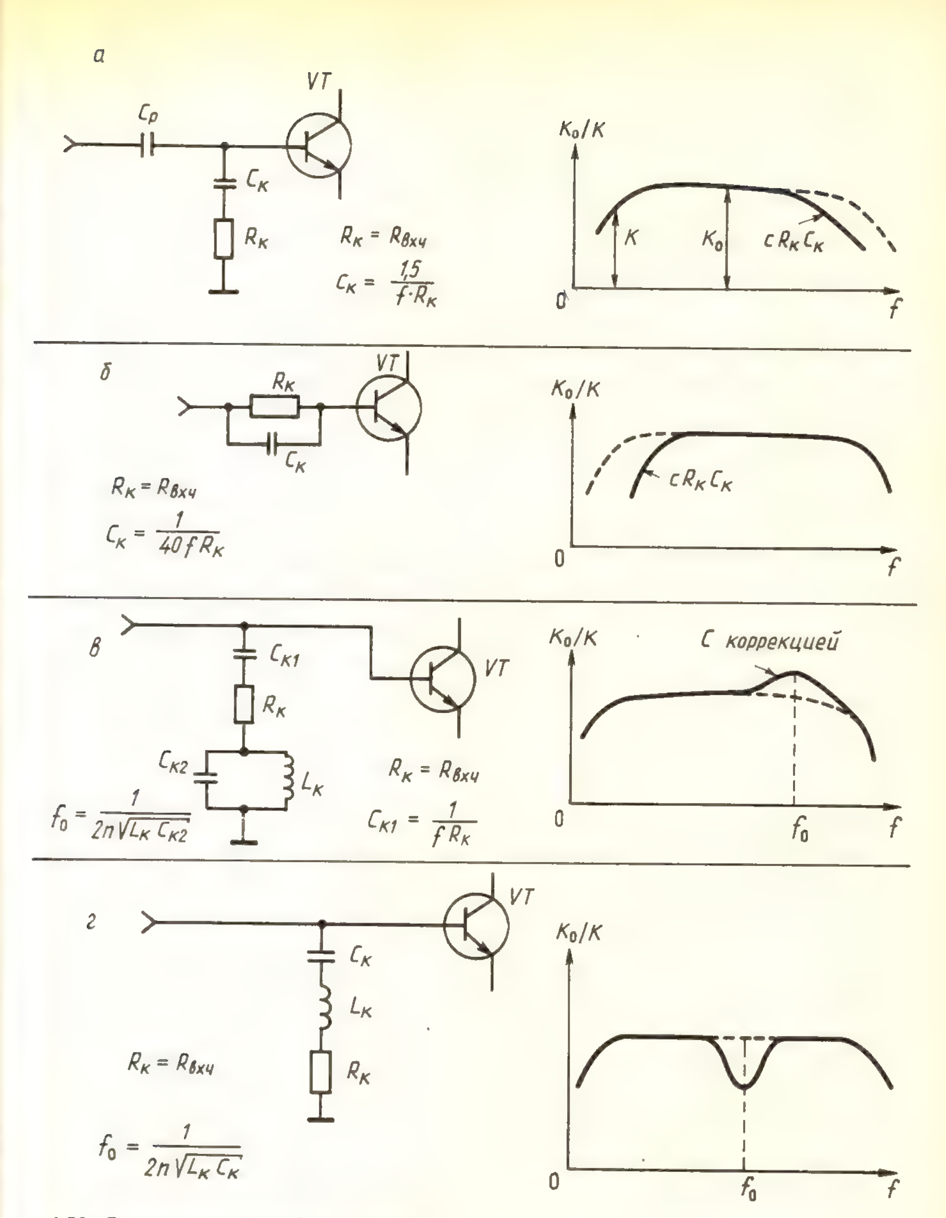
Рис. 4.57. Компенсация емкости нагрузки в каскаде на ОУ

верены, а самовозбуждение ОУ остается, то заменяют ОУ. На практике, при наличии другого экземпляра ОУ, его сразу заменяют.

В промышленных аппаратах приняты все меры для устойчивой работы каскадов на ОУ. При их возбуждении тщательно проверяют режимы питания и элементы их стабилизации, а затем, обычно, меняют ОУ. Сложнее, если возбуждение наступает с появлением сигнала. В этом случае кроме вышеназванных причин проверяют величину напряжения входного сигнала и при необходимости уменьшают путем включения делителей напряжения на входе ОУ или уменьшают усиление ОУ, а к выводам питания добавляют высокочастотные конденсаторы фильтров, которые располагают рядом с ОУ, чтобы уменьшить паразитную ОС через источник питания.

Коррекция АЧХ в усилителях звуковой частоты

Простая коррекция АЧХ в УЗЧ осуществляется в основном с помощью RC цепи или колебательных контуров, если коррекция необходима в относительно узком диапазоне частот (рис. 4.58). Такая цепочка (рис. 4.58,*а*) может быть введена при ремонте усилительных каскадов в случае возбуждения на верхних частотах. Подбирая емкость $C_к$, можно устранить возбуждение на частоте или в полосе частот, но при этом снижается коэффициент усиления на этих частотах.



4.58. Схемы коррекции АЧХ в УЗЧ

Цепочку (рис. 4.58,*б*) можно применять для снижения уровня фона, рокота в области нижних звуковых частот.

Цепочки (рис. 4.58,*в*) можно применять в случае снижения усиления верхних частот в предыдущих или последующих каскадах. Цепочка (рис. 4.58,*г*) применяется, если необходимо подавить сигналы какой-либо частоты или узкого диапазона частот.

4.6. НЕИСПРАВНОСТИ МАГНИТОФОНА В РЕЖИМЕ «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ»

Возможны следующие неисправности:

отсутствие воспроизведения;
малый уровень сигнала при воспроизведении;
малый уровень высших частот сигнала;
большие искажения сигнала;
повышенный шум и уровень фона;
прослушивается запись с соседней дорожки;
нет воспроизведения по одному из каналов стереомагнитофона.

Прежде чем приступить к поиску неисправности, необходимо абсолютно быть уверенным в хорошем качестве фонограммы, записанной на ленте, и убедиться в нормальной работе блока питания, т. е. чтобы напряжение, поступающее к элементам схемы, соответствовало указанному на схеме.

В режиме «Воспроизведение» звуковой сигнал проходит последовательно путь от источника — магнитной головки (воспроизводящей или универсальной) через коммутирующую цепь, универсальный усилитель (или усилитель воспроизведения) с корректирующими цепями и дальше на оконечный усилитель звуковой частоты с регулятором громкости, тембра и акустической системой. В магнитофоне-приставке сигнал поступает на линейный выход.

Неисправность в любом из каскадов перечисленных блоков окажет влияние на качество воспроизведения.

Причиной отсутствия воспроизведения может быть обрыв в последовательной цепи при прохождении сигнала от магнитной головки до акустической системы. Ремонт, как обычно, начинают с тщательного внешнего осмотра плат, проводников, контактов и т. д. Если это не дало положительного результата, то лучше воспользоваться методом промежуточных измерений (на прохождение звукового сигнала).

Для этого регулятор громкости магнитофона нужно установить в положение «Максимум», параллельно громкоговорителю (или эквивалентному сопротивлению нагрузки), подключить вольтметр. Наличие выходного сигнала можно контролировать и громкоговорителем. Сигнал с генератора звуковой частоты через разделительный конденсатор 0,1 мкФ нужно подать поочередно на входы каскадов: базы транзисторов, соответствующие выводы микросхем, начиная с выходного. Частота сигнала генератора 400 или 1000 Гц, величина выходного напряжения равна чувствительности каскада или усилителя (обычно указана на схеме). Если каскад исправен, то сигнал проходит на выход и в громкоговорителе слышен звук подводимой частоты или вольтметр покажет выходное напряжение.

Затем сигнал с генератора подать на предыдущий каскад, при этом выходное напряжение генератора уменьшить. Если на выходе сигнала нет, то неисправен этот каскад. В нем необходимо отыскать неисправный элемент, контакт. Для отыскания неисправности в каскаде следует измерить режим питания усилительного элемента (транзистора, микросхемы), проверить исправность элементов (схемы переключателей, контактов и т. п.).

Схемы современных магнитофонов, имеющих и выходные усилители мощности звуковой частоты, содержат относительно большое количество каскадов. Для сокращения времени поиска неисправностей можно сразу начать с проверки более крупной части схемы. Например, сразу

подать сигнал на вход оконечного усилителя звуковой частоты, чтобы определить, где находится неисправность, в нем или в универсальном усилителе. При исправном универсальном и оконечном усилителях отсутствие воспроизведения возможно из-за неисправности универсальной головки и цепей ее коммутации ко входу универсального усилителя. Головку можно проверить омметром, но это вызовет ее намагничивание. Поэтому после проверки ее надо размагнитить. При отсутствии размагничивающего устройства тем же омметром измерить сопротивление, предварительно поменяв местами щупы прибора. Время измерения в обоих случаях должно быть одинаковым.

Причинами малого уровня верхних частот при воспроизведении фонограммы могут быть: загрязнение рабочей поверхности воспроизводящей головки или ее рабочего зазора (неплотное прилегание ленты к рабочей поверхности головки); износ рабочей поверхности головки; нарушено положение головки по вертикали; неисправности корректирующих цепей усилителя.

Для устранения неисправности сначала необходимо тщательно промыть рабочую поверхность головки ватным тампоном, смоченным в спирте, и визуально оценить степень износа поверхности головки, и при необходимости ее заменить. Иногда при незначительном износе положительные результаты дает дополнительная полировка рабочей поверхности. Затем произвести регулировку положения рабочего зазора по вертикали при помощи регулировочных винтов. Методика точной регулировки с применением измерительной ленты изложена ниже. Упрощенную регулировку проводят по наилучшему воспроизведению высших частот фонограммы, записанной на магнитофоне с ненарушенной заводской регулировкой положения головки.

Причинами малого уровня сигнала при воспроизведении могут быть:

недостаточный уровень сигнала, записанного на ленте; неплотное прилегание ленты к воспроизводящей головке;

заниженный коэффициент усиления универсального или оконечного усилителя. Для отыскания каскадов с заниженным коэффициентом усиления можно использовать метод промежуточных измерений, описанный выше. Для этого надо знать чувствительность каскадов. Если при подаче с генератора сигнала звуковой частоты на вход каскада, равного по величине чувствительности каскада, напряжение на выходе магнитофона меньше указанного (для данной выходной мощности), значит, этот каскад имеет заниженную чувствительность. При нормальном режиме питания проверить элементы цепей обратной связи, заменить усилительный элемент (транзистор, микросхему) на элемент, имеющий более высокий коэффициент усиления.

Причинами больших искажений формы сигнала могут быть: неплотное прилегание ленты к рабочей поверхности головки и ее загрязнение; неравномерное натяжение ленты по всей ее плоскости, дефекты рабочей поверхности ленты (царапины, вмятины, растяжение и т. п.). При отсутствии вышеназванных причин следует проверить и тщательно отрегулировать режимы питания транзисторов, микросхем, оконечного усилителя звуковой частоты. Возможно и самовозбуждение усилителя воспроизведения и оконечного усилителя. Оно обычно сопровождается свистами, потерей «прозрачности звука», появлением «хрипов». В этом случае необходимо тщательно проверить экранировку проводов во входных цепях усилителя воспроизведения к выводам регуляторов громкости и тембра, соединение их с корпусом.

Другие причины и способы обнаружения самовозбуждения усилительных каскадов изложены на с. 248—250.

Причинами повышенного фона переменного тока являются обычно неисправности электролитических конденсаторов фильтра блока питания и каскадов схемы. Для отыскания неисправного конденсатора обычно достаточно по очереди параллельно конденсаторам фильтра подключить заведомо исправный. Если при подключении к какому-либо электролитическому конденсатору фон пропадает или уменьшается, то он неисправен и подлежит замене.

Если при воспроизведении прослушивается запись с соседней дорожки, то причиной может быть смещение воспроизводящей головки или прижимного ролика по вертикали. Для устранения неисправности необходимо отрегулировать положение ролика, чтобы лента шла около ведущего вала ровно, без перекоса и смещения по вертикали. Затем, при необходимости, отрегулировать положение головки по вертикали. Возможно, придется подрегулировать движение ленты направляющим роликом.

Если в стереофоническом магнитофоне нет воспроизведения по одному из каналов, то причиной может быть: неисправность усилителя воспроизведения; неисправность переключателя, подключающего головку ко входу усилителя воспроизведения; неисправность воспроизводящей головки.

Для отыскания неисправности можно сначала проверить общую работоспособность усилителей. Включить магнитофон в режим «Воспроизведение», регулятор громкости в положение, близкое к максимуму, отверткой или пинцетом прикоснуться к выводам воспроизводящей головки неработающего канала. Если в этот момент в громкоговорителе неработающего канала слышен громкий звук, то усилитель и переключатель головки исправны, а неисправна сама головка. Если же в момент прикосновения звука в громкоговорителе нет, то переключатель или усилитель неисправны. Для определения неисправности необходимо вскрыть магнитофон и проверить работоспособность усилителей и переключателя. Выполняет ли переключатель необходимую коммутацию, можно проверить омметром. Методом промежуточных измерений проверить усилители, отыскать и устранить неисправность. Более подробно неисправности усилительных каскадов изложены выше.

Шумовые свойства каскада усилителя воспроизведения зависят от внутреннего сопротивления источника сигнала (воспроизводящей головки, если речь о первом каскаде усилителя). При выборе режима питания первого каскада усилителя воспроизведения учитывают полное сопротивление ГУ или ГВ. Это необходимо иметь в виду при замене головки первого транзистора.

При подключении ГВ или ГУ ко входу усилителя воспроизведения через разделительный конденсатор увеличивается модуль полного сопротивления источника сигнала (головка — конденсатор), что приводит к росту уровня шумов. Кроме того, конденсатор вносит дополнительный шум, уровень которого тем больше, чем меньше емкость и добротность конденсатора. При непосредственном присоединении головки ко входу усилителя через нее не должен проходить постоянный ток, который намагничивает сердечник головки, и при этом шум значительно возрастает.

Для уменьшения уровня собственных шумов усилителя воспроизведения первый каскад выполнен на биполярном транзисторе с большим коэффициентом передачи тока $h_{21Э}$.

4.7. ПРОВЕРКА МАГНИТОФОНА В РЕЖИМЕ «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ»

Проверка уровня усиления

Проверку осуществляют путем воспроизведения на магнитофоне части «У» измерительной ленты 6ЛИТ2.У (для двухдорожечных магнитофонов), 6ЛИТ4.У (для четырехдорожечных магнитофонов), 3 ЛИТ2.У (для двухдорожечных магнитофонов), 6ЛИТ4.У (для четырехдорожечных магнитофонов), 3ЛИТ2.У (для кассетных магнитофонов).

Часть измерительной ленты «У» представляет собой непрерывную запись сигнала частотой 400 Гц с нормированным уровнем записи.

К линейному выходу магнитофона, нагруженному на резистор 220 кОм, подключают электронный вольтметр (или осциллограф).

Величина напряжения на линейном выходе при нормальном уровне усиления должна быть равна 250...500 мВ. При несоответствии напряжения линейного выхода указанным пределам произвести подстройку уровня воспроизведения линейного выхода, указанным пределам произвести подстройку уровня воспроизведения соответствующими элементами схемы.

Если регулировочными элементами невозможно добиться необходимого уровня сигнала, нужно проверить усиление отдельных каскадов.

Для стереофонического магнитофона аналогичные измерения и регулировки проводят для второго канала.

Разница напряжений на линейном выходе обоих каналов не должна превышать 2 дБ.

Проверка амплитудно-частотной характеристики

Проверку осуществляют при помощи измерительной ленты 6ЛИТ4 ЧВН и осциллографа, подключенного к линейному выходу магнитофона. На измерительной ленте записаны циклически повторяющиеся серии посылок гармонических сигналов с разными частотами, но одинаковой амплитуды. Количество посылок равно 7, а частоты заполнения их для скорости магнитофона 9,53 см/с: 400 Гц, 800 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц, 6300 Гц, 8000 Гц, 12500 Гц. При воспроизведении на скорости 19,05 см/с величины частот соответственно в 2 раза выше, а на скорости 4,76 см/с в 2 раза ниже.

При проверке АЧХ на скорости 9,53 см/с между линейным выходом магнитофона и входом осциллографа включают корректирующие цепи, приведенные на рис. 4.59.

На экран осциллографа устанавливают специальный трафарет (рис. 4.60) для оценки относительного усиления магнитофоном сигналов разных частот.

Трафарет изготавливается из прозрачной пленки, тонкого органического стекла и т. п. Риски наносят тушью.

Включают осциллограф и вращением ручки «Ось *x* вниз — вверх» совмещают линию развертки с линией 0 трафарета.

На магнитофоне устанавливают скорость 19,05 см/с, включают канал *1—4* и режим «Воспроизведение». На экране осциллографа появится изображение серии импульсов сигналограммы (рис. 4.61). Затем, вращая ручку осциллографа «Усиление У», совмещают вершину импульса максимальной амплитуды частотной характеристики с линией трафарета 0 дБ.

При идеальной частотной характеристике амплитуды импульсов *1—7* равны между собой (рис. 4.61).

Если частотные характеристики не укладываются в указанные поля допусков, то необходимо произвести подстройку предназначенными для этой цели элементами, а возможно, и заменить головку.

Проверить частотную характеристику магнитофона в режиме «Воспроизведение» можно и с помощью измерительной ленты с индексом «Ч» для данной скорости магнитофона. К линейному выходу магнитофона

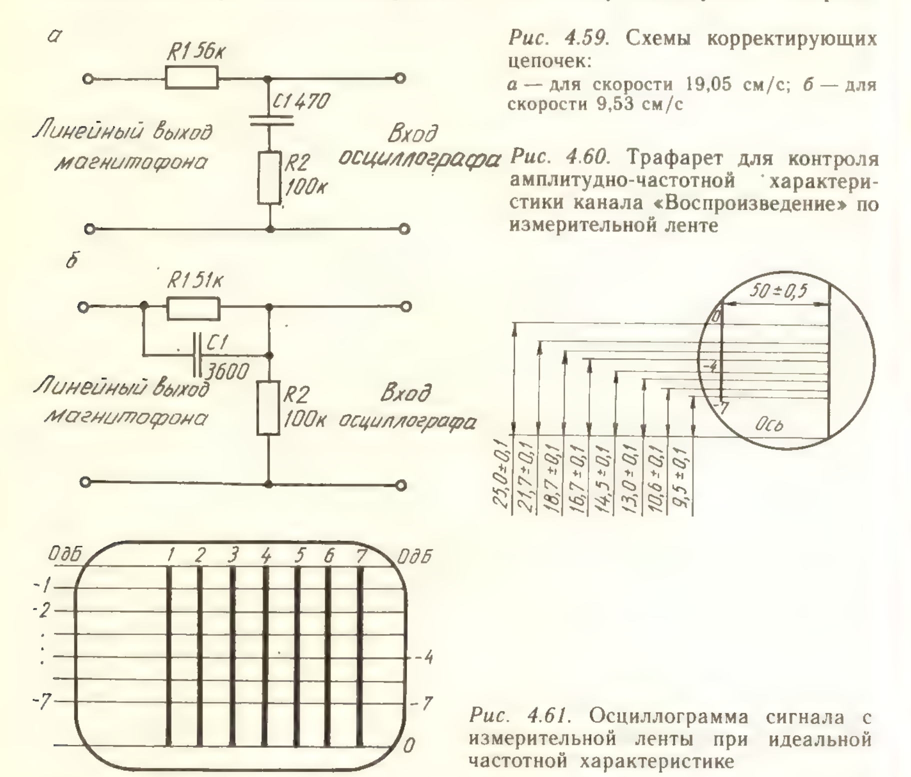


Рис. 4.59. Схемы корректирующих цепочек:
а — для скорости 19,05 см/с; *б* — для скорости 9,53 см/с

Рис. 4.60. Трафарет для контроля амплитудно-частотной характеристики канала «Воспроизведение» по измерительной ленте

Рис. 4.61. Осциллограмма сигнала с измерительной ленты при идеальной частотной характеристике

подключают электронный вольтметр. Сначала воспроизводят частоту 400 Гц и регулятором громкости (если он влияет на величину напряжения на линейном выходе) устанавливают номинальное выходное напряжение. Затем воспроизводят все частоты, записанные на ленте, и фиксируют показания электронного вольтметра. По измеренным данным строят частотную характеристику — зависимость величины выходного напряжения от частоты — и сравнивают ее с допустимой или данными, приведенными в техническом описании данного магнитофона. При необходимости соответствующими элементами, предназначенными для коррекции АЧХ, добиваются наилучшей равномерности частотной характеристики.

При невозможности настройки частотной характеристики канала воспроизведения регулирующими элементами необходимо проверить частотную характеристику усилителя воспроизведения (универсального усилителя). Сначала при помощи измерительной ленты «У» устанавливают напряжение на линейном выходе, при котором выходная мощность магнитофона соответствует номинальной. В магнитофоне-приставке уста-

новить напряжение на линейном выходе, равное номинальному, приведенному в технических характеристиках (250...500 мВ). Для снятия частотной характеристики усилителя воспроизведения собирается схема (рис. 4.62). На вход усилителя воспроизведения подают напряжение от генератора звуковой частоты через делитель *R1, R2*, размещаемый непосредственно у головки. Величину сопротивления резистора *R1* выбирают равной 100 Ом...1 кОм, а резистора *R2*—1...3 Ома. Напряжение генератора частотой 400 Гц выбирают такой величины, чтобы на линей-

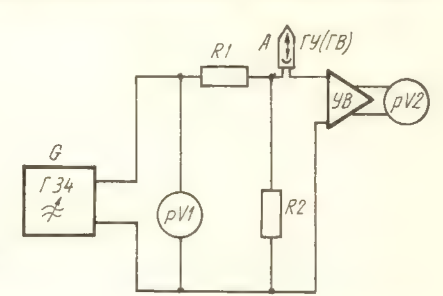


Рис. 4.62. Схема подключения приборов для снятия частотной характеристики усилителя воспроизведения

ном выходе магнитофона получить величину напряжения на 20 дБ (в 10 раз) меньше номинального, полученного при помощи измерительной ленты «У». Поддерживая постоянное напряжение на выходе генератора при помощи вольтметра *pV1*, измеряют частоту генератора в рабочем, для данного типа магнитофона, диапазоне. Одновременно вольтметром *pV2* измеряют напряжение на линейном выходе при подаче сигнала каждой частоты из стандартного ряда. По полученным данным строят частотную характеристику, зависимость напряжения на линейном выходе от частоты. Полученная характеристика не учитывает частотных искажений, вносимых головкой, обусловленных шириной рабочего зазора. Если частотная характеристика соответствует норме (приведенной в техническом описании или на рис. 2.4), то необходимо заменить головку. При несоответствии частотной характеристики предназначенными для этой цели элементами производится ее коррекция.

Проверка относительного уровня помех в режиме «Воспроизведение»

Для этого необходимо размагнитить блок головок размагничивающим дросселем. На магнитофон устанавливают измерительную ленту типа «У» с записью сигнала 400 Гц максимального уровня. К линейному выходу магнитофона, нагруженному на резистор сопротивлением 220 кОм, подключают электронный вольтметр. Соответствующим регулятором устанавливают номинальное выходное напряжение на линейном выходе $U_{\text{вых}}$. Затем останавливают магнитофон, снимают ленту и в режиме «Воспроизведение» измеряют напряжение шумов и помех на линейном выходе $U_{\text{п}}$. Относительный уровень шумов и помех, выраженный в децибелах, определяют по формуле: $N_{п} = 20\ \lg(U_{\text{п}}/U_{\text{вых}})$ (дБ). При несоответствии характеристики производится ее коррекция.

В стереофонических магнитофонах аналогичные измерения проводят и на линейном выходе второго канала.

При наличии системы шумопонижения (СШП) в магнитофоне относительный уровень шумов и помех определяют и с включенной СШП.

Результаты измерений сравнивают с паспортными данными на испытуемый тип магнитофона. Если относительный уровень шумов и помех в режиме «Воспроизведение» оказался выше нормы, то необходимо дополнительно размагнитить головки, проверить качество экранировки входных и выходных цепей или подобрать место соединения экрана с корпусом; проверить, есть ли пульсации питающих напряжений, режим работы транзисторов, микросхем, усилителя воспроизведения (особенно первых каскадов), а может, и заменить эти транзисторы, микросхемы или воспроизводящую головку (блок головок).

4.8. НЕИСПРАВНОСТИ МАГНИТОФОНА В РЕЖИМЕ «ЗАПИСЬ»

Возможны следующие неисправности: отсутствие записи или недостаточный ее уровень; запись производится с искажением; нет стирания старой записи или неполное ее стирание.

При отсутствии записи сначала необходимо проверить, чистая ли рабочая поверхность головки, плотно ли прилегает лента к записывающей головке.

Запись может отсутствовать при неисправностях записывающей (универсальной) головки и ее цепей, усилителя записи (универсального усилителя), переключателя режима «Запись», регулятора уровня записи.

Если в магнитофоне применяется универсальный усилитель и в режиме «Воспроизведение» работает нормально, то можно предположить, что универсальная головка и предварительный усилитель исправны. В таком случае проверке подлежат переключатель режима работы «Запись — воспроизведение», цепь от выхода предварительного усилителя до универсальной головки и выходные цепи магнитофона, куда поступает сигнал для записи. Если в магнитофоне применяются раздельно усилитель записи и усилитель воспроизведения, то при отсутствии записи сначала целесообразно проверить записывающую головку, цепь от усилителя записи к головке, входную цепь от гнезда «Звукосниматель» (или другого) до входа усилителя записи и сам усилитель записи.

Для этого на вход магнитофона (усилителя записи) нужно подать сигнал от генератора звуковой частоты. Частота сигнала должна быть 400 или 1000 Гц, величина выходного напряжения генератора равна чувствительности выбранного входа магнитофона. Включить магнитофон в режим «Запись». Электронным вольтметром переменного тока измерить величину переменного напряжения сигнала, поступающего на записывающую головку, и сравнить с данными, приведенными на схеме (обычно несколько вольт). Если величина напряжения не отличается от приведенного на схеме более чем на ± 20 %, то входная цепь, усилитель записи и цепь записывающей головки исправны. Замене подлежит головка записи.

Если же напряжение на записывающей головке отсутствует, то вольтметр подключить ко входу усилителя записи и проверить, поступает ли сигнал на усилитель. При его отсутствии тщательно проверить цепь от входного усилителя записи — нет ли обрыва проводников, резисторов делителя выходного напряжения, соединений с корпусом. При наличии напряжения нормальной величины на входе усилителя записи проверить прохождение сигнала через каскады усилителя записи. Для этого вольтметром измерить уровень сигнала покаскадно, до обнаружения неисправного каскада, на выходе которого нет сигнала.

Если в режиме «Запись» не работает индикатор уровня записи, то причиной может быть неисправность индикатора, его цепи или отсутствие сигнала на входе схемы индикатора. Вначале целесообразно проверить наличие переменного напряжения сигнала на входе схемы индикатора при поданном сигнале для записи, как в предыдущем случае. При отсутствии напряжения сигнала проверить напряжение на выходе усилителя записи и цепь от выхода до индикатора. Если нет напряжения на выходе усилителя записи, то отыскать неисправный каскад или цепь от входа магнитофона до выхода усилителя, как и в случае отсутствия записи.

При наличии сигнала нормальной величины на входе схемы индикатора уровня записи проверить работоспособность переменного резистора, регулирующего чувствительность индикатора, усилителя индикатора, элементы схемы выпрямителя или удвоителя напряжения и индикатор. После устранения неисправности схемы индикатора уровня записи нужно отрегулировать его чувствительность.

Причиной малого уровня записи является недостаточная величина тока записи. Это возможно при недостаточном уровне записи вследствие неправильной калибровки индикатора уровня записи при неисправностях в цепях и элементах, определяющих ток записи: делителе входного сигнала, входном усилителе, усилителе записи (универсальном усилителе), цепи записывающей (универсальной) головки и самой головке.

Для отыскания неисправности на вход магнитофона подается сигнал для записи с генератора звуковой частоты (как и при отсутствии записи). Электронным вольтметром измеряют напряжение, прикладываемое к записывающей головке. Если его величина отличается от приведенной на схеме не более чем на ± 20 %, то головка подлежит замене. Если же напряжение значительно занижено, то нужно проверить величину переменного напряжения, поступающего на схему индикатора уровня записи. При нормальном значении напряжения проверить цепь от схемы индикатора до записывающей головки. При заниженном напряжении регулятором уровня записи увеличить уровень сигнала до необходимой величины, а индикатор уровня записи откалибровать. При невозможности увеличить уровень сигнала проверить величину напряжения на входе усилителя записи. Если оно занижено, то проверить величины резисторов делителя напряжения, соответствующие контакты переключателя «Запись». При проведении записи с микрофона проверить каскады микрофонного усилителя. Если же величина переменного напряжения на входе усилителя записи соответствует приведенному значению, то покаскадно проверить его величину до обнаружения каскада, дающего заниженное усиление. Напряжение на выходе такого каскада будет значительно ниже указанного на схеме. В этом каскаде проверить режим по постоянному току транзистора, микросхемы, элементы схемы (особенно резистора нагрузки, разделительных конденсаторов), резисторы обратной связи микросхем. При нормальных режимах и элементах заменить усилительный элемент — транзистор или микросхему, дающие заниженное усиление.

Если же в режиме «Запись» индикатор уровня записи показывает наличие сигнала при отсутствии на входе сигнала записи, то причиной является самовозбуждение универсального усилителя (или усилителя записи). В этом случае нужно проверить входные цепи усилителя, заземлены ли экраны проводов или отыскать возбуждающийся каскад.

Причиной записи с искажениями может быть: чрезмерно большой уровень записи, недостаточная величина тока подмагничивания или его отсутствие. Ток подмагничивания вырабатывается генератором стирания

и подмагничивания. Поэтому вначале целесообразно проверить работоспособность ГСП.

Для этого надо попробовать стереть старую запись. Если запись стирается полностью, то ГСП и стирающая головка исправны. Проверке подлежит цепь, через которую ток подмагничивания поступает в записывающую головку. Электронным осциллографом проверить форму напряжения, вырабатываемого ГСП. Напряжение должно быть симметричным, асимметрия вызывает увеличение шума фонограммы.

Причиной отсутствия стирания может быть: неисправность генератора стирания и подмагничивания, стирающей головки, переключателя режима «Запись» или элементов схемы.

Для уточнения места неисправности можно сделать пробную запись на новой (или ранее стертой) ленте. Если запись воспроизводится без искажений, то генератор стирания и подмагничивания работает нормально. Проверке подлежит стирающая головка и цепь ее подключения к генератору. Проверку можно осуществить омметром.

Если же запись воспроизводится с искажением и пониженным уровнем, то ГСП неисправен. В этом случае надо проверить, подается ли напряжение на генератор при включении режима «Запись», режима питания транзисторов генератора, исправность элементов генератора.

Причинами неполного стирания записи могут быть неправильная установка стирающей головки по высоте, недостаточная величина тока стирания, неплотное прилегание ленты к стирающей головке, загрязнение рабочей поверхности стирающей головки, неисправности стирающей головки.

Сначала необходимо проверить, перекрывает ли сердечник стирающей головки дорожку записи, при необходимости отрегулировать положение головки. Затем очистить рабочую поверхность головки ватным тампоном, смоченным в спирте, и проверить прилегание ленты к головке. Если стирание по-прежнему остается неполным, то проверить величину напряжения, вырабатываемого ГСП (до нескольких десятков вольт), и цепи, по которым оно прикладывается к стирающей головке. При наличии элементов, регулирующих величину тока стирания, его можно увеличить.

При слабом, искаженном сигнале на выходе магнитофона во всех режимах работы необходимо проверить оконечный и предварительный усилители звуковой частоты.

4.9. ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА МАГНИТОФОНА В РЕЖИМЕ «ЗАПИСЬ»

Качество работы магнитофона в значительной степени зависит от правильной его настройки в режиме «Запись», а именно: от правильного выбора величины тока стирания и подмагничивания; от качества стирания старой записи, характеризующейся относительным уровнем стирания; от правильной установки уровня записи, уровня помех в режиме «Запись»; от линейности амплитудно-частотной характеристики сквозного канала (режим «Запись — воспроизведение»), уровня шумов и помех, величины коэффициента гармоник в сквозном канале и др.

В этом параграфе и будут рассмотрены методы проверки и регулировки каскадов магнитофона в режиме «Запись».

Установка оптимального тока подмагничивания

Величина тока подмагничивания в значительной степени влияет на качество записи и определяет равномерность АЧХ сквозного канала в области верхних частот данного магнитофона, т. е. одного из основных параметров. Для магнитной записи используются различные магнитные ленты, которые отличаются по чувствительности, уровню записи и другим параметрам.

Предприятие-изготовитель указывает в инструкции к магнитофону, с каким типом магнитной ленты может работать магнитофон для получения приведенных характеристик. Каждая лента фактически требует индивидуального подбора величины тока подмагничивания, чтобы полностью реализовать ее лучшие характеристики и обеспечить рабочий диапазон частот магнитофона. Даже магнитная лента одного типа разных поливов требует подбора величины тока подмагничивания.

Для оперативной регулировки тока подмагничивания магнитофон дополняют двумя генераторами звуковой частоты, вырабатывающими сигналы 400 или 1000 Гц и верхнюю рабочую частоту магнитофона, а оси переменных резисторов регулировки тока подмагничивания выводят на панель магнитофона или под шлиц. Вначале подбирают необходимый уровень записи для данного типа ленты, записывая сигнал 400 (1000 Гц) с таким уровнем, при котором уровень сигнала при воспроизведении равен номинальному. Это и будет оптимальный уровень записи. Затем производят запись верхних частот рабочего диапазона с таким же уровнем и регулировкой тока подмагничивания добиваются номинального уровня воспроизведения сигнала этой частоты. Если АЧХ сквозного канала магнитофона имеет допустимый спад с частоты, равной 0,5 f, то оптимизацию тока подмагничивания целесообразно производить на этой частоте.

Одни предприятия-изготовители магнитофонов рекомендуют проверять регулировку тока подмагничивания на частоте 1000 Гц (согласно ГОСТ 21402.0—75), добиваясь максимального уровня записанного сигнала, другие — на частотах 1000 и 4000 Гц, третьи — на верхней рабочей частоте, но во всех случаях с последующей проверкой соответствия АЧХ сквозного канала и уровня нелинейных искажений. Процесс установки тока подмагничивания аналогичен для любых частот.

На вход магнитофона «Звукосниматель» с генератора звуковой частоты подают сигнал верхней рабочей частоты магнитофона.

Величина напряжения сигнала на 20 дБ (в 10 раз) ниже номинальной. К линейному выходу подключают электронный вольтметр. Элемент, регулирующий ток подмагничивания (переменный резистор или подстроенный конденсатор), устанавливают в одно из крайних положений. Цель регулировки — добиться максимального уровня сигнала на линейном выходе, изменяя ток подмагничивания переменным сопротивлением или подстроечным конденсатором генератора подмагничивания. Для этого записывают сигнал при различных положениях регулятора тока подмагничивания. Уровень воспроизведения записанного сигнала определяют по электронному вольтметру при различных положениях регулятора и запоминают положение, при котором уровень максимальный. Фиксируя это положение, делают (для более точной регулировки) еще несколько подобных записей сигнала, изменяя положение регулятора уже в небольших пределах в одну и другую сторону. Так, путем пробных записей находят положение регулятора тока подмагничивания, при котором сигнал на линейном выходе максимальный. Затем ток увеличивают до такой величины, при которой напряжение на линейном выходе умень-

шится на 3 дБ (0,7 $U_{макс}$). Такой ток подмагничивания и будет оптимальным. Определяют его обычно по закону Ома, измеряя падение напряжения на резисторе 10 Ом, включенном последовательно с головкой записи (универсальной головкой). Вместо электронного вольтметра к линейному выходу можно подключить осциллограф, наблюдая размах синусоиды на экране, а затем увеличить ток подмагничивания до уменьшения размаха синусоиды 0,7 $U_{макс}$.

В магнитофоне с универсальным усилителем можно создать искусственно сквозной канал, применяя аналогичный, второй магнитофон. Они располагаются рядом.

На регулируемом магнитофоне производится запись сигнала и регулировка тока подмагничивания, а на втором в это же время воспроизведение этой фонограммы и контроль уровня сигнала на линейном выходе.

В стереофонических магнитофонах аналогично устанавливают оптимальный ток подмагничивания во втором канале. Если магнитофон имеет в цепи тока записи заграждающий *LC*-фильтр, препятствующий проникновению тока подмагничивания в усилитель записи, то перед установкой оптимального тока подмагничивания этот фильтр необходимо настроить на частоту ГСП по минимальному значению напряжения высокой частоты в цепи, расположенной после фильтра. Для этого магнитофон включают в режим «Запись» без подачи сигнала на его вход. К линейному выходу подключают электронный вольтметр. Вращением подстроечного сердечника добиваются минимального показания вольтметра.

Измерение величины тока стирания и тока подмагничивания, контроль его формы и частоты

Измерение этих токов производится косвенным методом. Измеряют падение напряжения на измерительных резисторах (известной величины) и по закону Ома определяют ток.

Для измерения тока подмагничивания последовательно с головкой записи (универсальной головкой) включают резистор сопротивлением 10 Ом с допуском не ниже $\pm 0{,}5$ точности (рис. 4.63).

Магнитофон включают на запись, а электронным вольтметром переменного тока измеряют падение напряжения на резисторе. Вольтметр должен быть рассчитан на работу в диапазоне частот не менее 100 кГц.

Величину тока подмагничивания определяют по формуле $I_{подм} = U/R$ (мА), где U — падение напряжения на резисторе (мВ), R — величина сопротивления (Ом).

В стереофоническом магнитофоне эти измерения производят в обоих каналах. Соответствующим регулирующим элементом можно установить необходимую величину. Подключив осциллограф параллельно резистору, можно проконтролировать форму тока подмагничивания. Она должна быть близкой к синусоидальной и обязательно симметричной. Даже незначительная асимметрия тока подмагничивания всего в 1 % вызывает увеличение шума фонограммы на 4 дБ. При заметном искажении формы колебаний ГСП нужно проверить режимы работы усилительных элементов, элементов обоих плеч генератора. Обмотки катушек (трансформаторов) должны быть симметричными, а транзисторы — иметь примерно одинаковые параметры.

Если имеются отличия формы тока в правом и левом каналах, то, возможно, надо сменить блок записывающих (универсальных) головок.

Для измерения тока стирания последовательно со стирающей голов-

кой включают резистор сопротивления 1 Ом с допуском точности не более $\pm 0{,}5$ % (рис. 4.64). Магнитофон включают в режим «Запись», электронным вольтметром измеряют падение напряжения на резисторе каждого канала (если магнитофон четырехдорожечный). Величину тока стирания определяют по закону Ома: $I_{стир} = U/R$ (мА), где U — падение напряжения на резисторе (мВ), R — величина сопротивления резистора (Ом). Величина тока стирания составляет несколько десятков мА в зависимости от типа магнитофона.

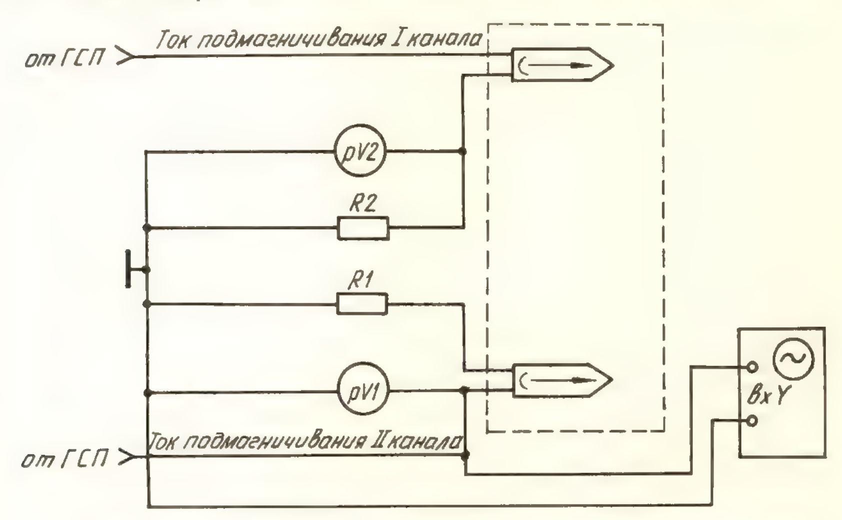


Рис. 4.63. Схема подключения приборов для измерения тока подмагничивания

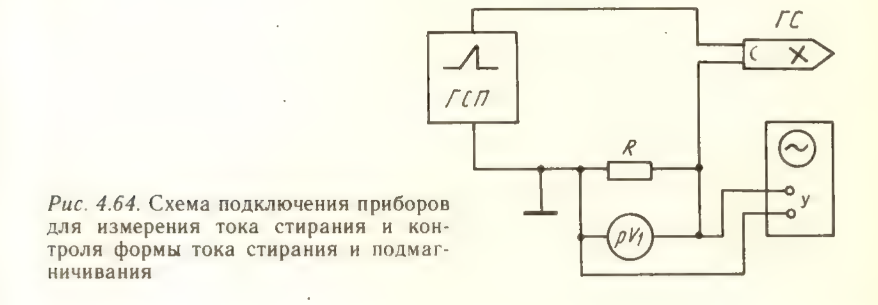


Рис. 4.64. Схема подключения приборов для измерения тока стирания и контроля формы тока стирания и подмагничивания

Подключив параллельно резистору осциллограф, можно проверить форму генерируемых колебаний. Она должна быть близкой к синусоидальной и одинаковой в обеих головках.

Частоту колебаний генератора измеряют в режиме «Запись» без подачи на вход магнитофона сигнала измерителем частоты, подключенным к стирающей головке, или методом сравнения с колебаниями известной частоты (метод фигур Лиссажу). При измерении этим методом применяют электронный осциллограф и генератор звуковой частоты с диапазоном частот до 100 кГц. Развертку осциллографа отключают и вход X подключают ко входу усилителя горизонтального отклонения. На вход X

подают сигнал от генератора звуковой частоты, а на вход Y напряжение со стирающей головки (рис. 4.65).

Затем плавно увеличивают частоту ГЗЧ, начиная примерно с 20 кГц до получения на экране осциллографа фигуры в виде эллипса, или круга (частота ГЗЧ равна частоте ГСП), или восьмерки (частота ГСП в два раза выше).

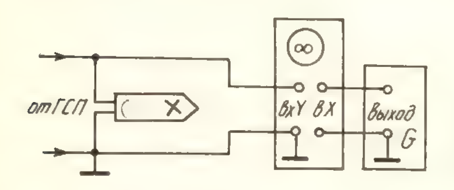


Рис. 4.65. Схема подключения приборов для измерения частоты методом фигур Лиссажу

Настройка эквивалентов стирающих головок в режиме монофонической записи

Чтобы при переключении магнитофона из режима «Стерео» в режим «Моно» не изменялась частота и величина тока подмагничивания, необходимо настроить эквивалент стирающей головки, подключаемый вместо нее. Цель настройки состоит в том, чтобы добиться одинакового уровня сигнала на записывающей (универсальной) головке при записи в режимах «Моно» и «Стерео» или одинакового уровня сигнала на линейном выходе при записи в обоих режимах.

Для этого нажать в магнитофоне одновременно кнопки *«1—4»* и *«2—3»*. Подать на вход магнитофона сигнал номинального уровня с частотой 400 Гц. Магнитофон включить в режим «Запись» и установить номинальный уровень записи, измерить при помощи электронного вольтметра или осциллографа и запомнить уровень сигнала на выводах записывающей головки, соответствующих первой дорожке. Затем нажать кнопку *«2—3»* и опять измерить напряжение на выводах записывающей головки. Если эквивалент настроен, то величина напряжения в обоих случаях будет одинакова, в противном случае подстроить сердечник катушки эквивалента стирающей головки дорожки *2—3*.

Аналогично проводят измерения, подав сигнал на вход второго стереоканала и контролируя уровень сигнала на выводах записывающей головки, соответствующей второй дорожке, и, при необходимости, подстраивают сердечник эквивалента стирающей головки дорожки *1—4*.

Если невозможно настроить эквивалент стирающей головки, необходимо проверить его катушку индуктивности, сердечник и цепи коммутации. После замены деталей эквивалент опять необходимо настроить.

Проверка относительного уровня стирания записи

Качество стирания зависит от стирающей головки, ширины магнитной ленты и плотности ее прилегания к головке, уровня записи и частотного спектра фонограммы, времени, прошедшего с момента записи.

Зависимость относительного уровня стирания от тока через стирающую головку приведена на рис. 4.66.

Из графика видно, что, начиная с некоторого уровня стирания, увеличение тока в стирающей головке не дает заметных результатов, происходит насыщение магнитопровода головки и рост потерь в ней.

Измерение относительного уровня стирания у многоскоростных магнитофонов производят на наивысшей скорости следующим образом. На проверяемом магнитофоне записывают сигнал частотой 1000 Гц с номинальным уровнем. Затем ленту перематывают обратно примерно до середины записанного участка и включают магнитофон на запись без подачи сигнала на вход. При этом регулятор уровня записи устанавливают в положение минимального уровня и стирают вторую часть записи. После этого ленту перематывают обратно на начало записанного

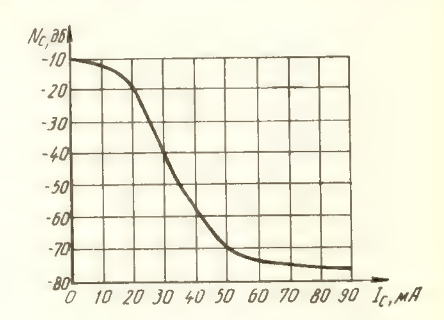


Рис. 4.66. Зависимость относительного уровня стирания от тока стирания (лента А4203-3Б, головка 3С124.21.0)

сигнала, а к линейному выходу подключают селективный вольтметр. Магнитофон включают в режим «Воспроизведение» и измеряют напряжение на линейном выходе ($U_{нест}$), настраивая селективный вольтметр на максимальное показание. Далее измеряют напряжение на линейном выходе при воспроизведении стертого участка ($U_{ст}$), не изменяя настройки селективного вольтметра. Относительный уровень стирания (в децибелах) определяют по формуле $N_c = 20\lg(U_{ст}/U_{нест})$ и сравнивают с данными технических характеристик магнитофона.

При отсутствии селективного вольтметра допускается оценка качества стирания на слух. Стертая запись не должна прослушиваться на расстоянии 1 м от магнитофона при максимальном усилении.

При некачественном стирании проверить правильность установки стирающей головки по высоте и величину тока стирания.

Установка номинального уровня записи и калибровка индикатора уровня

У магнитофона с правильно отрегулированным уровнем записи напряжение на линейном выходе, при воспроизведении сигнала частотой 400 Гц, равно значению напряжения, полученному при воспроизведении измерительной ленты с индексом «У», т. е. номинальному 150...500 мВ — в зависимости от типа магнитофона.

Для регулировки номинального уровня записи на магнитофон устанавливают измерительную ленту с индексом «У». К линейному выходу подключают электронный вольтметр или осциллограф. Магнитофон включают в режим «Воспроизведение» и измеряют величину напряжения на линейном выходе. Если регулятор громкости магнитофона изменяет величину напряжения на линейном выходе, то его устанавливают в положение, соответствующее номинальной выходной мощности.

Затем на магнитофон устанавливают рабочую магнитную ленту того типа, на работу с которой рассчитан магнитофон. На вход «Звукоснима-

тель» с генератора звуковой частоты подают сигнал 400 Гц и напряжением 250 мВ. Магнитофон включают в режим «Запись». Регулятором уровня записи устанавливают значение уровня записываемого сигнала (обычно 0 дБ на индикаторе) и производят запись сигнала в течение 20—30 с.

Перемотав ленту на начало записи, воспроизводят ее и измеряют напряжение на линейном выходе. Величина измеренного напряжения при правильно отрегулированном индикаторе уровня записи не должна отличаться более чем на ±2 дБ (0,79) от значения, полученного при воспроизведении измерительной ленты с индексом «У». В случае неравенства напряжений повторяют запись сигнала с бо́льшим (если уровень записанного сигнала меньше) или меньшим уровнем, добиваясь равенства напряжений записанного сигнала и контрольного с измерительной ленты. Добившись правильного уровня записи, производят калибровку индикатора уровня записи. Для этого, не изменяя положения регулятора уровня записи, магнитофон снова переводят в режим «Запись» и с помощью элементов, предназначенных для регулировки чувствительности индикатора, нужно установить его показание, соответствующее номинальному уровню записи (согласно инструкции на данный магнитофон). Для стереофонического магнитофона производят аналогичную регулировку для второго канала. Для магнитофонов со сквозным каналом контроль уровня записанного сигнала на линейном выходе и регулировку чувствительности индикаторов можно производить в режиме «Запись».

Если индикатор уровня записи используется для контроля напряжения источника питания (у магнитофонов с автономным питанием), то производят калибровку индикатора в режиме «Контроль напряжения питания». Для этого на магнитофон подают номинальное напряжение питания, включают «Воспроизведение» и при помощи подстроечного резистора схемы индикатора устанавливают стрелку на необходимую отметку (согласно инструкции магнитофона).

Проверка чувствительности входов магнитофона в режиме «Запись»

После проверки и регулировки номинального уровня записи и калибровки индикаторов уровня записи проверяют чувствительность входов магнитофона, т. е. возможность установки номинального уровня записи по индикатору при подаче на каждый вход минимального для данного входа напряжения сигнала. Для такой проверки поочередно на каждый вход магнитофона с генератора звуковой частоты подают сигнал частотой 400 Гц и минимальным напряжением, указанным в технических характеристиках магнитофона для данного выхода. Магнитофон включают в режим «Запись» и регулятором уровня записи устанавливают номинальный уровень записи. Затем подают максимальное напряжение для данного входа, а также регулятором уровня записи устанавливают номинальный уровень.

В стереофонических магнитофонах проверку производят для обоих каналов.

При невозможности установить номинальный уровень записи проверяют номиналы резисторов входных делителей, исправность переключателей входов, входной усилитель.

Проверка и регулировка АЧХ сквозного канала в режиме «Запись — воспроизведение»

АЧХ сквозного канала — это зависимость напряжения на линейном выходе от частоты при постоянном значении напряжения на входе канала записи. АЧХ — один из самых важных параметров, определяющих качество работы магнитофона.

Проверку АЧХ сквозного канала производят в следующей последовательности.

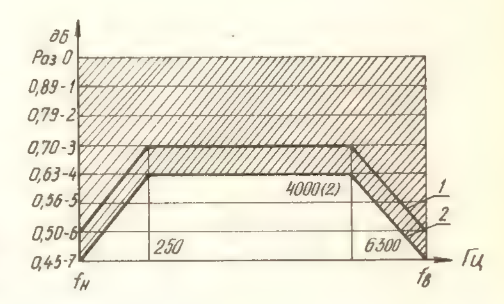


Рис. 4.67. Поле допусков АЧХ сквозного канала (1—О, 1-я группа сложности; 2—2-я группа сложности)

На магнитофон устанавливают тот тип магнитной ленты, на работу с которой он рассчитан. На вход магнитофона «Звукосниматель» с генератора звуковой частоты подают сигнал частотой 1 кГц и напряжением, равным номинальному значению чувствительности для данного входа. Регулятором уровня записи устанавливают по индикатору номинальный уровень записи и положение регулятора в дальнейшем не изменяют. Затем напряжение генератора уменьшают на 20 дБ (в 10 раз), чтобы исключить возможность перегрузки усилителя записи (универсального усилителя) и насыщения магнитной ленты на верхних частотах звукового диапазона. Выходное напряжение генератора лучше контролировать внешним милливольтметром, т. к. показания индикатора уровня записи приближенны. На магнитофоне производят запись стандартного ряда частот рабочего диапазона от нижней до верхней (которые записаны на измерительной ленте с индексом «Ч» для данной скорости). После окончания записи ленту перематывают и воспроизводят фонограмму записанных частот, измеряя соответствующие им напряжения на линейном выходе. По полученным данным строят частотную характеристику, зависимость величины напряжения от частоты, которая должна укладываться в поле допусков (рис. 4.67). Если АЧХ не укладывается в поле допусков на верхних частотах рабочего диапазона, то ее подстраивают соответствующими регулировочными элементами схемы. Как указывалось ранее, уровень верхних частот существенно зависит от качества магнитных головок, величины тока подмагничивания и типа ленты. В стереофоническом же магнитофоне АЧХ второго канала снимается аналогично. Допустимое рассогласование АЧХ между каналами в диапазоне частот 250...6300 Гц (согласно ГОСТ 24863—81) для магнитофонов высшей и первой группы сложности не более 2,0 дБ, для второй — 3 дБ. Если в магнитофоне имеется система АРУЗ, ее отключают, а если это сделать невозможно, то входное напряжение устанавливают на 2,0 дБ ниже уровня ее срабатывания.

Измерение коэффициента гармонических искажений

Нелинейные искажения сигнала характеризуются коэффициентом гармоник

$$K_г = \sqrt{\frac{U_2 + U_3 + U_4 + ... + U_n}{U_1}} \cdot 100\ \%,$$

где U_2, U_3, $U_4 ... U_n$ — напряжения второй (частота в 2 раза выше), третьей и т. д. гармоник сигнала; U_1 — напряжение первой гармоники (основная частота сигнала).

При $K_г = 10—15$ % вместо напряжения первой гармоники можно подставлять напряжение сигнала.

Значения напряжений второй U_2, третьей U_3 и т. д. гармоник определяют с помощью анализатора гармоник. Напряжения выше пятой гармоники настолько малы, что ими можно пренебречь. Измерители нелинейных искажений (например, *С6—7*), используемые для проверки усилительных устройств, измеряют общий коэффициент гармоник и при измерении *К* сквозного канала.

Проверка частотной характеристики усилителя записи

Необходимость проверки частотной характеристики усилителя записи возникает, если АЧХ сквозного канала не соответствует норме.

Частотная характеристика УЗ — это зависимость записи от частоты записываемого сигнала.

Для ее проверки на вход магнитофона от ГЗЧ через последовательно включенный резистор, величина сопротивления которого равна сопротивлению источника сигнала, подают сигнал частотой 400 или 1000 Гц, напряжением, равным чувствительности данного входа (рис. 4.68).

Регулятором уровня записи устанавливают максимальное его значение. Отключают ток подмагничивания.

О величине тока в записывающей головке судят по величине падения напряжения на резисторе (20...50 Ом для низкоомной головки и 100... 200 Ом для высокоомной головки), включенном последовательно с нею. Затем входное напряжение сигнала с генератора ЗЧ уменьшают на 20 дБ (в 10 раз) и во время проверки поддерживают неизменным, контролируя его величину вольтметром *PV*1. Изменяя частоту генератора, измеряют падение напряжения на *R*2 и по полученным данным строят частотную характеристику. В многоскоростных магнитофонах измерения производят для всех скоростей. Частотная характеристика усилителя записи должна укладываться в пределы, указанные в инструкции по ремонту и регулировке данного аппарата. Примерный ход частотных характеристик усилителя для разных скоростей показан на рис. 2.4, результат будет несколько завышенным. Для измерения $K_г$ согласно ГОСТ 24863—81 в магнитофонах достаточно ограничиться выделением третьей гармоники. Для этого на вход магнитофона подают сигнал в основном с частотой 1 кГц, напряжением, равным номинальному для данного входа. При этом собственный $K_г$ генератора звуковой частоты должен быть в 3...5 раз ниже ожидаемого коэффициента гармоник магнитофона. Сигнал записывают с номинальным уровнем. Затем воспроизводят фоно-

грамму и с помощью фильтра, настроенного на третью гармонику (3 кГц), измеряют напряжение ее U_3 на линейном выходе или измерения проводят селективным вольтметром. После этого измеряют напряжение $U_{вых}$ сигнала на линейном выходе электронным вольтметром (без фильтра) и рассчитывают коэффициент 3-й гармоники: $K_{г3} = U_3/U_{вых}$ 100 %.

Измерение $K_г$ при помощи измерителя нелинейных искажений *С6—5*, *С6—7* и аналогичными заключается в следующем.

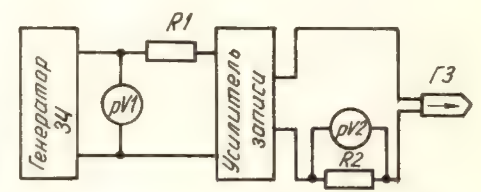


Рис. 4.68. Схема подключения приборов для снятия АЧХ усилителя записи

На магнитофоне записывают сигнал 400 Гц с номинальным уровнем. Затем фонограмму воспроизводят, подключив к линейному выходу измеритель нелинейных искажений. Настроив прибор согласно инструкции по эксплуатации, определяют $K_г$.

В стереофонических магнитофонах аналогичные измерения производят на обоих каналах.

При завышенном значении $K_г$ увеличивают ток подмагничивания с последующей проверкой АЧХ сквозного канала. Одним из основных источников нелинейных искажений является магнитная лента.

Измерение относительного уровня шумов помех сквозного канала

Шумы и помехи сквозного канала складываются из собственных шумов магнитной ленты, помех каналов «Запись» и «Воспроизведение». На слух они воспринимаются как шипение, потрескивание, фон с частотой сети и т. п. Наиболее заметны в паузах фонограммы, так как они не маскируются полезным сигналом. Общий уровень этих шумов и помех характеризуется относительным уровнем шумов и помех, определяется отношением напряжения на линейном выходе в паузе записи к номинальному напряжению сигнала, соответствующему уровню линейных искажений $K_г = 3$ %.

Перед измерением блок головок и магнитная лента тщательно размагничиваются. На вход магнитофона, предназначенный для записи с другого магнитофона, подают сигнал частотой 1000 Гц и номинальным напряжением. Регулятором уровня записи устанавливают такой уровень, при котором $K_г = 3$ %, и производят запись сигнала. Затем отключают генератор и, не меняя положения регулятора уровня записи, производят запись без сигнала, предварительно шунтируя вход резистором 22 кОм $\pm$ 5 %. Перемотав ленту обратно, воспроизводят фонограмму. Электронным вольтметром, подключенным к линейному выходу, измеряют напряжение сигнала $U_с$. Напряжение паузы $U_п$ измеряют, включив между линейным выходом и электронным вольтметром взвешивающий фильтр «*А*», АЧХ которого приведена в табл. 4.26. Относительный уровень шумов и помех определяют из выражения: $N_п = 20 \lg(U_п/U_с)$, дБ.

Для определения относительного уровня паразитных напряжений напряжение паузы измеряют через фильтр, АЧХ которого приведена в табл. 4.27.

Таблица 4.26. **Амплитудно-частотная характеристика фильтра для измерения относительного уровня шумов и помех (кривая *А*)**

Частота, Гц	Затухание, дБ	Допуск, дБ
10,0	—70,4	+3,0 —
12,5	—63,4	+3,0 —
16,0	—56,7	+3,0 —
20,0	—50,5	+3,0...—3,0
25,0	—44,7	+2,0...—2,0
31,0	—39,4	+1,5...—1,5
40,0	—34,6	+1,5...—1,5
50,0	—30,2	+1,5...—1,5
63,0	—26,2	+1,5...—1,5
80,0	—22,5	+1,5...—1,5
100,0	—19,1	+1,0...—1,0
125,0	—16,1	+1,0...—1,0
160,0	—13,4	+1,0...—1,0
200,0	—10,6	+1,0...—1,0
250,0	—8,6	+1,0...—1,0
315,0	—6,6	+1,0...—1,0
400,0	—4,8	+1,0...—1,0
500,0	—3,2	+1,0...—1,0
630,0	—1,9	+1,0...—1,0
800,0	—0,3	+1,0...—1,0
1000,0	0	0 0
1250,0	0,6	+1,0...—1,0
1600	1,0	+1,0...—1,0
2000	1,2	+1,0...—1,0
2500	1,3	+1,0...—1,0
3150	1,2	+1,0...—1,0
4000	1,6	+1,0...—1,0
5000	0,5	+1,5...—1,5
6300	—0,1	+1,5...—2,0
8000	—1,1	+1,5...—3,0
10 000	—2,5	+2,0...—4,0
12 500	—4,3	+3,0...—6,0
16 000	—6,6	+3,0 —
20 000	—9,3	+3,0 —

Таблица 4.27. **Амплитудно-частотная характеристика фильтра для измерения относительного уровня помех**

Частота, Гц	Затухание, дБ	Допуск, дБ
4,0	—60	0 —
8,0	—40	0 —
22,0	0	+0,5...6
26,0	0	+0,5...1
19 000,0	0	+0,5...1
22 600,0	0	+0,5...6
64 000,0	—40	0 —
120 000,0	—60	0 —

Проверка синфазности каналов

Синфазность стереофонических каналов магнитофона проверяют раздельно для усилителя воспроизведения и усилителя записи, в магнитофоне с универсальным усилителем — сначала в режиме «Воспроизведение», а затем в режиме «Запись».

Для проверки синфазности выходных сигналов, при воспроизведении сигналов, записанных синфазно, воспроизводят на магнитофоне измерительную ленту, записанную по всей ширине (с индексом «У» или «Д»), и измеряют выходное напряжение линейного выхода на суммирующем резисторе (рис. 4.69). Сначала измеряют напряжение на выходе I канала, подключив согласущую цепочку к контактам *3—2*, затем II канала — выход к контактам *5...2* и обоих каналов одновременно (присоединяем оба резистора к линейному выходу контактов *3*, *5* и *2*). Если в последнем случае вольтметр показывает увеличение напряжения — каналы синфазны. В противном случае необходимо поменять местами провода, идущие к одной из головок блока.

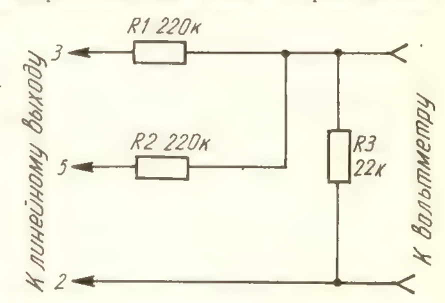


Рис. 4.69. Схема сумматора для измерения синфазности каналов стереофонического магнитофона

Для проверки синфазности записанных сигналов на магнитофоне производят запись сигнала 1000 Гц с номинальным уровнем на разных участках ленты сначала только на левом канале (на правый сигнал не подан), затем только на правом (на левый сигнал не подан) и на обоих каналах одновременно. Записи воспроизводят и аналогично измеряют напряжения на суммирующем резисторе левого канала, затем только правого и обоих вместе. Если в последнем случае выходное напряжение больше, чем в двух предыдущих, то записанные сигналы синфазны.

Можно проверить синфазность сигналов с помощью осциллографа и измерительной ленты 6ЛИТ4.ЧВН, 3ЛИТ2.ЧН первой посылки 400 Гц. Сравнить осциллограммы сигналов на линейном выходе обоих каналов при воспроизведении измерительной ленты. Если каналы синфазны, то полярность сигналов на их выходе будет одинакова.

Проверка и настройка индикаторов уровня записи

Установить на магнитофон ленту, на работу с которой он рассчитан. На вход «Звукосниматель» подать сигнал частотой 400 Гц и напряжением, равным минимальной чувствительности входа (150...500 мВ). Включить режим «Запись» и регулятором уровня записи установить номинальный уровень записи по индикатору (обычно 0 дБ индикатора).

Записать сигнал, а при воспроизведении его измерить напряжение на линейном выходе. Его величина не должна отличаться от измеренного при воспроизведении части «У» измерительной ленты более чем на 2 дБ. В противном случае установить регуляторы уровня записи в положение,

при котором уровень записанного сигнала будет равен уровню части «У» измерительной ленты. Затем с помощью подстроечных резисторов, регулирующих чувствительность индикатора, установить показание индикатора, соответствующее номинальному уровню записи. При необходимости провести аналогичную подстройку чувствительности индикатора второго канала.

Проверка относительного уровня проникания сигнала с соседней дорожки записи

На вход «Звукосниматель» обоих стереоканалов подать от ГЗЧ сигнал напряжением 500 мВ, частотой 80 Гц и записать на размагниченной ленте сигнал с номинальным уровнем. Запись воспроизводят и измеряют напряжение на линейном выходе селективным вольтметром, настроенным по максимальному показанию.

Затем меняют местами катушки магнитофона, переворачивают их и воспроизводят незаписанные дорожки, расположенные на том же участке ленты, что и записанные. Селективным вольтметром измеряют напряжение на линейном выходе обоих стереоканалов. Отношение $20\lg(U_{\text{соседн}}/U_{\text{раб}})$ для каждого канала, выраженное в децибеллах, характеризует относительный уровень проникания с соседних дорожек записи. Полученный результат сравнивают с техническими характеристиками. Если уровень проникания с соседней дорожки записи не удовлетворяет техническим характеристикам, то следует тщательно проверить правильность установки головок записи и воспроизведения и расположения дорожек на ленте, четкость фиксации магнитной ленты.

4.10. ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕГУЛИРОВКА МАГНИТОФОНОВ

Проверка лентопротяжного механизма

Признаком исправного состояния ЛПМ является его четкое функционирование во всех режимах работы: включение и выключение; ускоренная перемотка ленты в одну и в другую сторону; аккуратная и плотная намотка ленты на катушку.

После предварительной проверки работоспособности ЛПМ приступают к измерению средней скорости движения ленты в режиме «Запись — воспроизведение».

Измерение средней скорости движения ленты производится при сочетании неблагоприятных обстоятельств, приводящих к максимально возможному отклонению скорости от номинального значения. Это будет наблюдаться при наибольшем значении напряжения питания +10 % (242 В) в начале полной катушки (кассеты) ленты и при наименьшим — 10 % (198 В) в конце катушки. Согласно ГОСТу на бытовые магнитофоны отклонение скорости ленты от номинального значения не должно превышать ±1 % для магнитофонов высшей группы сложности, ±1,5 % для и ±2 % — для остальных групп сложности.

Наиболее простым и широко используемым на практике является метод измерения скорости с помощью мерного отрезка ленты. При этом методе отмеряют отрезок ленты, равный 100 V (V — номинальная скорость ленты), и измеряют секундомером время, в течение которого он проходит по лентопротяжному механизму в режиме «Воспроизведение» мимо воспроизводящей головки. Если скорость движения ленты соответствует номинальной, то время движения отмеченного отрезка ленты

равно 100 секундам. Отклонение времени в секундах в сторону увеличения или уменьшения и соответствует отклонению скорости в процентах. Например, для скорости движения ленты магнитофона 19,05 см/с отмечаем отрезок 19,05 метра. Если время его прохождения мимо головки равно 101 с, то отклонение скорости от номинальной равно 1 %, если 98 с, то +2 %.

При использовании этого метода в кассетных магнитофонах надо взять отрезок ленты длиной 100 V с записанным сигналом 1000 Гц и вклеить его в измерительную кассету между двумя отрезками ракорда. Время движения ленты в режиме «Воспроизведение» отсчитывают секундомером с момента появления сигнала до его прекращения.

Измерение коэффициента детонации

Коэффициент детонации измеряют путем воспроизведения части «Д», измерительной ленты, подключив детонометр к линейному выходу магнитофона.

На измерительной ленте записан сигнал частотой 3150 Гц на прецизионном магнитофоне.

Измерения проводят при повышенном (242 В) и пониженном (198 В) напряжении питания в начале и в конце катушки с лентой.

При отсутствии измерительной ленты или если измеряемый коэффициент детонации менее чем в 3 раза превышает собственный коэффициент детонации измерительной ленты (указывается в паспорте ленты), можно использовать метод «Запись — воспроизведение». На проверяемом магнитофоне записывают сигнал синусоидальной формы 3150 Гц от генератора звуковой частоты (с нестабильностью частоты не хуже 10^{-4}). Установив магнитофон в режим «Воспроизведение», воспроизводят этот сигнал, измеряя коэффициент детонации специальным прибором. Так процесс «Запись — воспроизведение» повторяют несколько раз (не менее пяти). Результатом будет среднее арифметическое этих нескольких измерений.

При отсутствии прибора измерения оценить детонацию можно лишь примерно, на слух, воспроизводя часть «Д» измерительной ленты. В нормально работающем магнитофоне запись должна звучать чисто и высота тона не должна изменяться.

Наиболее точно измерение отклонения скорости движения ленты от номинального значения и коэффициента детонации произведут в специализированном радиоателье, где имеется необходимая измерительная аппаратура и измерительные ленты.

Установка магнитных головок

Магнитные головки должны быть установлены так, чтобы их рабочие зазоры располагались строго перпендикулярно направлению движения ленты. Рабочие зазоры головок записи и воспроизведения должны быть строго параллельны между собой, в противном случае будет «завал» частотной характеристики в области верхних частот, т. е. отсутствие высоких частот при воспроизведении фонограмм. Чтобы магнитная лента плотно прилегала к рабочим поверхностям магнитных головок, хорошо огибая их, при движении не испытывала поперечных изгибов и не перемещалась в вертикальном направлении, рабочие поверхности головок должны быть параллельны друг другу и другим деталям, через которые проходит лента. Кроме того, плотный контакт ленты с головками достигается за счет подтормаживания подающего узла ЛПМ и прижима ленты к рабочей поверхности головки с помощью плоской пружины с на-

клепанным на нее фильтром или с помощью эластичной ленты. Перемещение ленты в вертикальном направлении ограничивают направляющие колонки и направляющие штыри головки кассетного магнитофона.

Рабочие поверхности головок должны занимать правильное положение и по ширине ленты (рис. 4,70, 4,71).

Визуально проверить положение блоков головок по высоте при четырехдорожечной записи сложно. Для более точной проверки на всех четырех дорожках производят запись с частотой 400 или 1000 Гц с повышенным

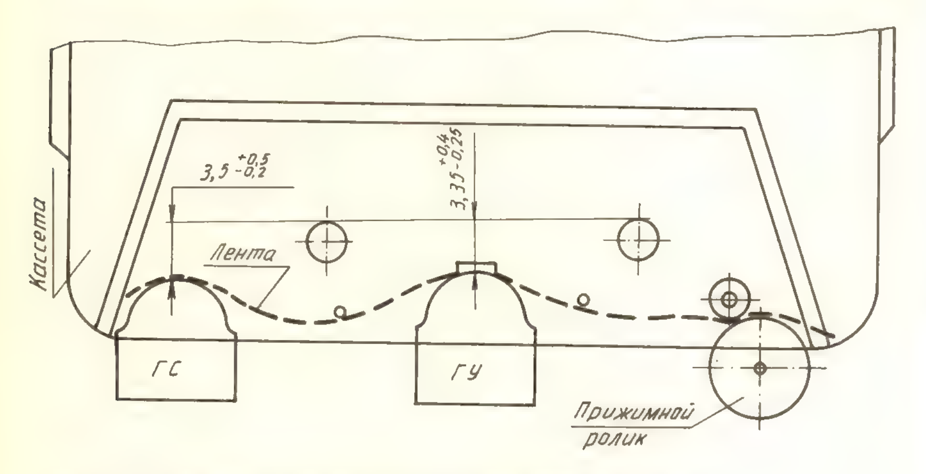


Рис. 4.70. Установка магнитных головок относительно кассеты

уровнем. Ленту с записью помещают в суспензию из порошка карбонильного железа (*1...3* ч), спирта или бензина (100 г). Раствор встряхивают, через 10—15 с ленту вынимают и дают высохнуть. После высыхания осевшие частицы карбонильного железа проявят дорожки записи. Наблюдать и измерять их удобнее инструментальным микроскопом. При правильной установке блока головок на высоте края дорожек должны быть четко очерчены. Край верхней дорожки *1* должен совпадать с краем ленты, а сами дорожки и промежутки между ними должны быть одинаковыми и расположенными симметрично. Необходимое положение блока головок регулируют с помощью регулировочных винтов.

Для проверки установки стирающих головок записывают сигнал 1000 Гц по всей ширине ленты. Затем стирают на всех дорожках. После проявления в суспензии порошка карбонильного железа должны четко обозначиться нестертые промежутки между дорожками.

Проверку установки головки по высоте можно производить с помощью измерительной ленты и осциллографа. Для проверки двухдорожечных магнитофонов применяется измерительная лента 6ЛИТ2.ЧВН, для четырехдорожечных монофонических и стереофонических — 6ЛИТ4. ЧВН.

При проверке двухдорожечного магнитофона на лентопротяжный механизм устанавливают ленту 6ЛИТ2.ЧВН, а к линейному выходу подключают осциллограф. Магнитофон включают в режим «Воспроизведение». На экране осциллографа будут наблюдаться импульсы (рис. 4.72).

ГС ГЗ ГВ ГУ

Двухдорожечная запись

Монофоническая запись

ГС ГУ

Четырехдорожечная запись

Стереофоническая запись

Рис. 4.71. Расположение ленты по высоте относительно магнитных головок

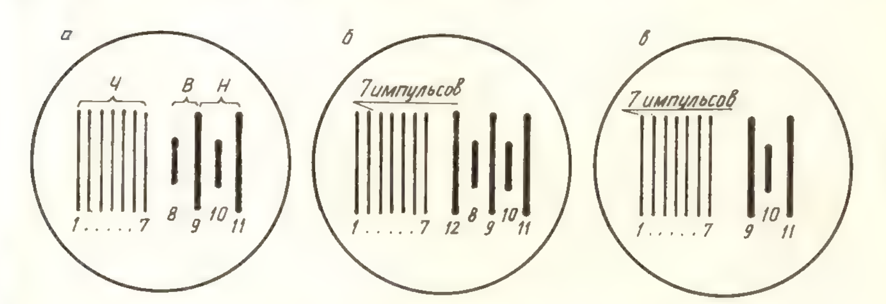


Рис. 4.72. Изображение на экране осциллографа при воспроизведении измерительной ленты типа 6ЛИТ2.4ВН:
а — нормально; *б* — низко; *в* — высоко

Наличие лишь одного импульса *8* свидетельствует о правильной установке головки по высоте. Если головка установлена ниже необходимого уровня, то слева от импульса *8* наблюдается импульс *12*.

Если головка установлена выше необходимого уровня, то импульсы *8* и *12* части «Н» отсутствуют.

При проверке четырехдорожечного магнитофона устанавливают ленту 6ЛИТ4.ЧВА. Проверка производится аналогично двухдорожечному магнитофону. Включают «Воспроизведение» дорожки *1*. Наличие лишь одного импульса *8* свидетельствует о правильной установке магнитной головки по высоте относительно магнитной ленты (рис. 4.73).

Если головка установлена ниже необходимого уровня, то слева от импульса *8* наблюдается импульс *12*.

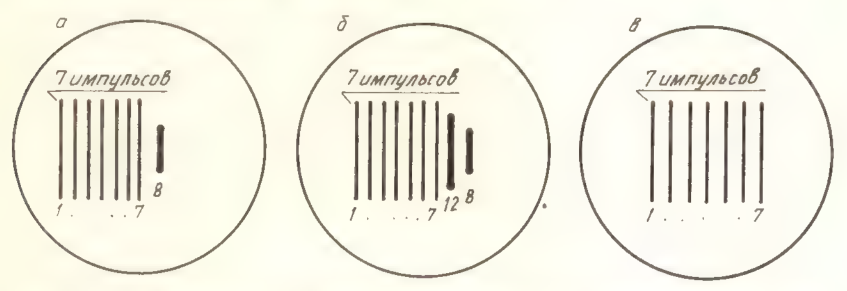


Рис. 4.73. Изображение на экране осциллографа при воспроизведении измерительной ленты 6ЛИТ4.ЧВН:
а — нормально; *б* — низко; *в* — высоко

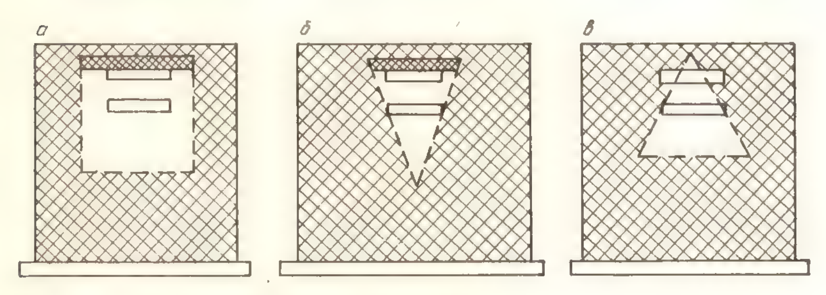


Рис. 4.74. Зона контакта ленты с головкой:
а — при правильной установке головки; *б* — при наклоне головки вперед; *в* — при наклоне головки «назад»

Если головка установлена выше необходимого уровня, то импульсы *8* и *12* отсутствуют.

В кассетном магнитофоне головки или блоки головок устанавливают по высоте так, чтобы при перемещении их в кассету лента свободно входила в направляющие штыри, а сами головки не касались бы корпуса кассеты. При этом лента не должна задевать штыри и сниматься.

Непостоянство контакта ленты с головкой, поперечные колебания ленты, неоднородность магнитного слоя ленты вызывают паразитную амплитудную модуляцию (ПАМ). ПАМ с частотой менее 1 Гц на слух ощущается как изменение уровня или «пропадание» сигнала, с частотой 1...10 Гц напоминает эффект детонации, а с частотой выше 10 Гц проявляется в виде хриплости звука.

Для проверки и установки рабочей поверхности магнитной головки (блока головок) параллельно плоскости движения ленты рабочую поверхность головки закрашивают какой-либо легко стираемой краской, чернилами от авторучек, мелом и т. п.

После высыхания краски устанавливают на магнитофон ленту (или кассету) и включают «Рабочий ход». Движущаяся лента стирает с поверхности головки нанесенный слой, и видно, как лента прилегает к головке. У правильно установленной головки рабочий зазор находится посередине стертой поверхности, которая четко очерчена в виде прямоугольника (рис. 4.74, *а*).

Если рабочая поверхность головки не параллельна плоскости ленты, то форма стертого участка будет отличаться от прямоугольника: при наклоне головки вперед — сужаться книзу (рис. 4.74, *б*), при наклоне головки назад — кверху (рис. 4.74, *в*).

При необходимости наклон плоскости рабочей поверхности регулируют винтами. При регулировке может нарушиться положение головки по высоте, поэтому после окончания регулировки следует проверить установку головки. После завершения регулировок протереть рабочие поверхности головок ватным тампоном или мягкой чистой тряпочкой, смоченной в спирте.

Установка рабочего зазора магнитных головок перпендикулярна направлению движения ленты

Проверку и установку рабочего зазора головки перпендикулярно движению ленты выполняют при помощи части «Н» измерительной ленты 6ЛИТ2.ЧВН и 6ЛИТ4.ЧВН — для катушечных магнитофонов, 3ЛИТ2.ЧН и 3ЛИТ4.ЧН — для кассетных магнитофонов и осциллографа.

Измерительную ленту 6ЛИТ2.ЧВН устанавливают на двухдорожечный магнитофон к линейному выходу, подключают осциллограф, включают «Воспроизведение». Проверку угла наклона магнитной головки производят по соотношению амплитуд импульсов *9, 10, 11* осциллограммы (рис. 4.75).

Соотношение амплитуд импульсов *9, 10, 11*, показанное на рис. 4.75 *а*, свидетельствует о том, что угол перекоса магнитной головки отсутствует или равен 0 (без учета погрешности самой ленты).

Угол перекоса находится в пределах допуска (±5 мин), если амплитуда испульса *10* меньше (или равна) амплитуде импульсов *9* и *11*.

Когда угол наклона больше заданной нормы, испульсы *9, 10, 11* имеют вид, изображенный на рис. 4.75, *г, д*.

При регулировке угла наклона добиваются максимально возможной амплитуды импульсов *5, 6, 7* и изменяют угол наклона головки таким образом, чтобы соотношение амплитуд импульсов *9, 10, 11* соответствовало указанному на рис. 4.75, *а, б, в*.

Для регулировки угла наклона рабочего зазора магнитной головки четырехдорожечного магнитофона устанавливают измерительную ленту 6ЛИТ4.ЧВН, переключатель дорожек устанавливают в положение «3—2», воспроизводят сигналограмму дорожки *3*.

По соотношению амплитуд импульсов *8, 9, 10* части «Н» определяют угол наклона головки (рис. 4.76).

При необходимости регулировочными винтами изменяют угол наклона головки до получения на экране осциллографа соотношения амплитуд импульсов *8, 9, 10*, как на рис. 4.76, *а*.

Регулировку перпендикулярности рабочего зазора головки можно выполнить и путем воспроизведения измерительной ленты с индексом «Ч», подключив к линейному выходу электронный вольтметр.

Регулятор усиления магнитофона устанавливают в положение мак-

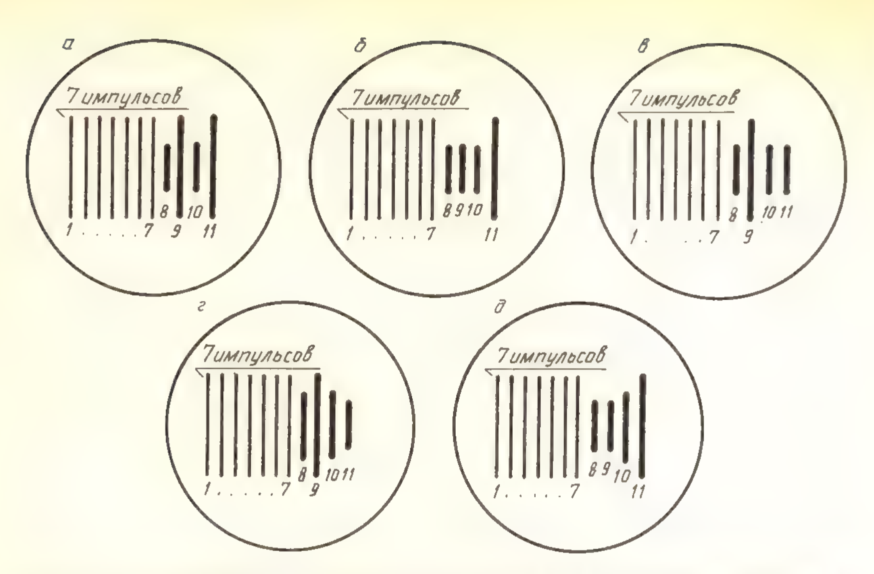


Рис. 4.75. Изображение на экране осциллографа при воспроизведении ленты 6ЛИТ2.ЧВН при разных углах наклона головки:

а — наклона нет; *б, в* — угол наклона допустимый; *г, д* — угол наклона больше нормы

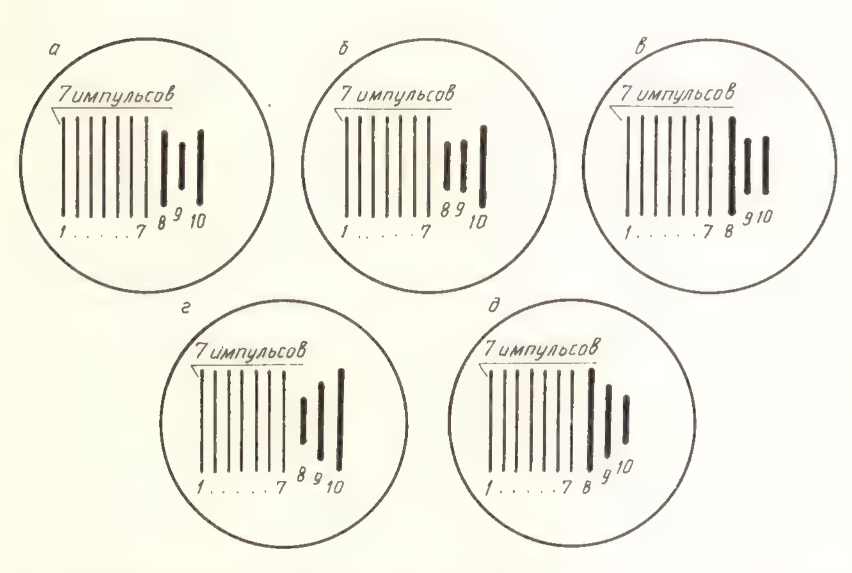


Рис. 4.76. Осциллограммы дорожки *2—3* при воспроизведении измерительной ленты 6ЛИТ4.ЧВН:

а — наклона нет; *б, в* — угол наклона предельно допустимый; *г, д* — угол наклона больше допустимого

симального усиления. Регулировочным винтом добиваются положения головки, при котором показания вольтметра будут максимальны.

При отсутствии измерительных лент можно осуществить запись сигнала частоты, близкой к верхнему пределу рабочей полосы магнитофона, на другом магнитофоне, у которого не нарушена заводская установка головки. При воспроизведении на регулируемом магнитофоне можно добиться максимального уровня сигнала на его выходе. Можно использовать качественную запись музыкальной программы и при воспроизведении ее регулировать наклон головки, добиваясь наилучшего воспроизведения верхних частот фонограммы.

Глава 5

РЕМОНТ БЛОКОВ КОММУТАЦИИ

Общие сведения

В настоящее время в аппаратах магнитной записи, в других бытовых аппаратах (радиоприемниках, электропроигрывающих устройствах, телевизорах и видеомагнитофонах) широко применяются сенсорные и квазисенсорные устройства коммутации режимов работы, выбора каналов и программ, устройства программного управления работой аппаратов и др. Недалек тот час, когда на отечественном рынке появятся цифровые бытовые аппараты магнитной записи.

Вышеназванные блоки и устройства состоят из цифровых элементов, ранее применявшихся только в вычислительной технике. Чтобы быть готовым к ремонту этих устройств, необходимо сначала изучить разновидности этих элементов и их работу.

В цифровых устройствах действуют цифровые сигналы. Обычные непрерывные синусоидальные сигналы звука называют аналоговыми и аппараты магнитной записи — тоже аналоговыми. В них нет преобразования аналогового сигнала в цифровой. Цифровые же сигналы представляют собой импульсы прямоугольной формы с определенной амплитудой максимума и определенным минимальным значением. Цифровой сигнал характеризуется изменением напряжения от одного уровня к другому. Эти уровни (максимум и минимум) могут иметь различное значение напряжения в вольтах в зависимости от серии элементов цифровых устройств. Причем принято максимальное значение напряжения называть «уровень *1*», а минимальное — «уровень *0*». Конкретные величины напряжений нуля и единицы зависят от серии цифровых элементов (микросхем и др.). Так, например, в серии микросхем К 155 за уровень *1* принимается напряжение от 2,4 до 5,0 В, а за уровень *0* — от 0 до 0,4 В. Но различные серии цифровых микросхем отличаются между собой не только значениями уровней *0* и *1*, но и значениями токов *0* и *1*, временем задержки и др. При работе цифровых схем на транзисторах, микросхемах, как правило, не предъявляются жесткие требования к форме токов и напряжений. Транзисторы (как и транзисторы в составе микросхем) работают чаще только в ключевом режиме, т. е. или открыты, или закрыты (рис. 5.1). Причем открывание может осуществляться и синусоидальным сигналом с амплитудой большей, чем напряжение запирания транзистора $E_б$. Открывая-закрывая транзистор, на выходе получают практически прямоугольные импульсы, которые могут использоваться для даль-

нейшего управления схемой, исполнительными элементами (реле и др.). Такие транзисторные каскады используются, как правило, в оконечных исполнительных устройствах. Если вместо $R_к$ будет обмотка реле, обмотка селеноида, то при открывании транзистора сработает данный элемент, к примеру, соленоид переведет механику магнитофона в режим «Воспроизведение» или др. В ключевых схемах обычно не предъявляются жесткие требования и к амплитуде импульса. Важно, чтобы напряжение надежно перекрывало уровни *0* и *1* (но было не больше допустимого).

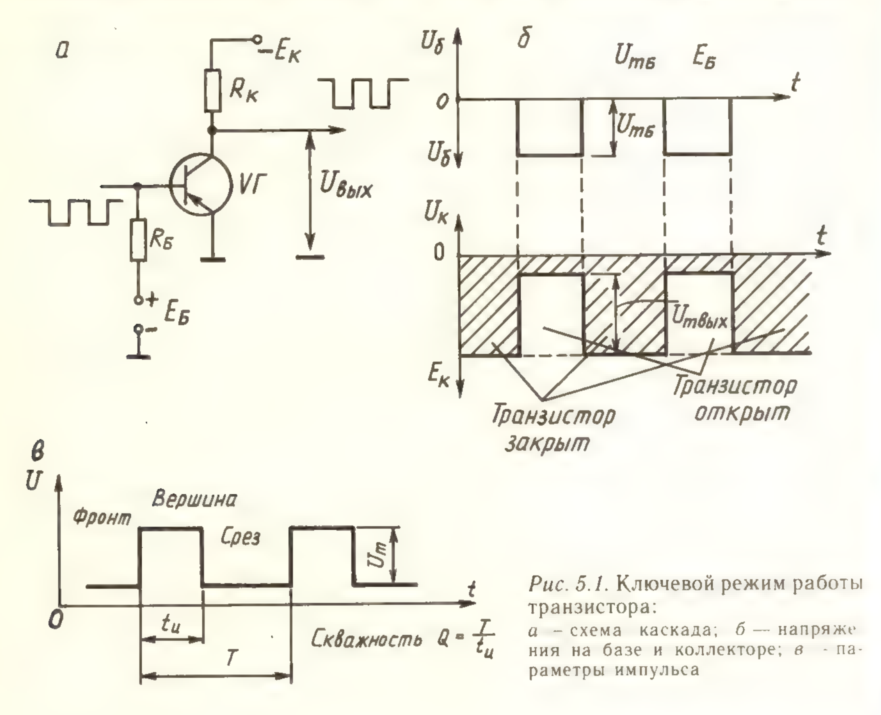


Рис. 5.1. Ключевой режим работы транзистора:
а – схема каскада; *б* — напряжения на базе и коллекторе; *в* – параметры импульса

Необходимо, чтобы переход от одного состояния (открытый транзистор) к другому (закрытый) происходил как можно быстрее. Для этого промышленность выпускает переключающие транзисторы, у которых время переключения меньше, чем у обыкновенных усилительных. Поэтому сравнительно просто записывать сигнал, состоящий только из нулей и единиц. При этом лента или намагничена полностью *(1)*, или размагничена *(0)* (запись программ для компьютеров) и не требуются жесткие условия к степени ее намагниченности, т. е. к качеству, как при записи аналоговых звуковых сигналов.

Цифровой сигнал в устройствах управления, программных устройствах может быть представлен в закодированном (зашифрованном) виде, т. е. набором нулей и единиц. Такой код называют двоичным. Например, более «близкие» нам десятичные числа могут быть представлены в двоичном коде при четырех разрядах (табл. 5.1).

При представлении чисел кодом идет заполнение разрядов справа налево. Когда все четыре разряда заполнятся (что соответствует цифре 15), цифру 16 уже представить четырьмя разрядами нельзя,

Таблица 5.1

Десятичные числа	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Код	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010

нужно больше разрядов. Переход от двоичного кода к десятичному (обратно) осуществляется устройствами, называемыми дешифраторами. Цифровая память фактически хранит код в каком-то количестве разрядов. Элементом памяти в схеме обычно является триггер. Количество разрядов — это количество триггерных схем.

Дальше для понимания схемотехники цифровых устройств необходимо ознакомиться с отдельными «кирпичиками здания цифровой техники».

5.1. ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Логические элементы — это те «кирпичики», из которых строится здание цифрового устройства. Подобно тому как аналоговый усилитель состоит из отдельных усилительных каскадов, так цифровое устройство состоит из логических элементов, среди которых можно выделить три основных, называемых *«И»*, *«ИЛИ»* и *«НЕ»*.

Каждый логический элемент выполняет вполне определенную логическую функцию. Так, элемент *«И»*, а внутри это чаще схема на транзисторах, будет иметь сигнал на выходе, если одновременно будут присутствовать сигналы на первом, втором и на других входах одновременно (рис. 5.2).

На рисунке изображена схема двухвходового элемента *«И»*. На входы подаются двоичные сигналы (рис. 5.2), и они определяют состояние на выходе схемы. В таблице истинности приведены возможные комбинации на входах *А* и *Б* и что при этом будет на выходе *В*.

Выпускаются и многовходовые логические элементы *«И»*, на выходе которых всегда будет сигнал в случае одновременного появления сигнала на всех входах. Причем на входах должен быть сигнал логической *1*. Это импульсный сигнал или постоянное напряжение.

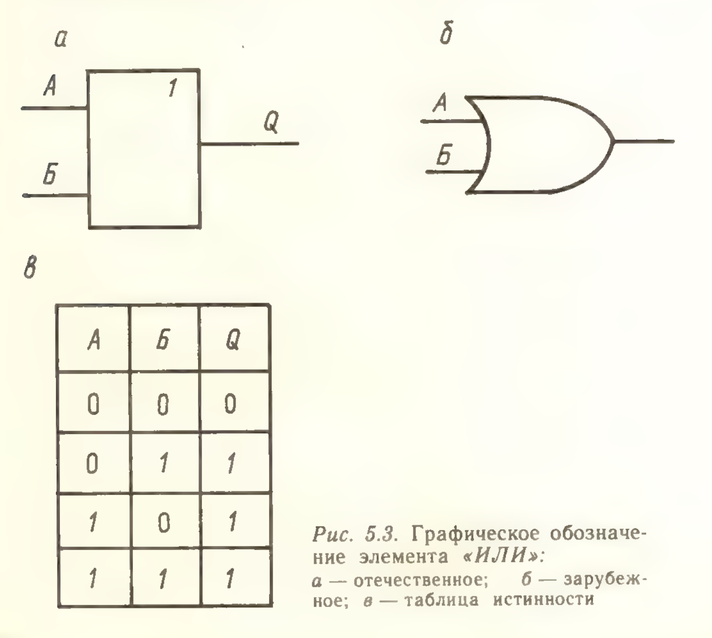
Другим широко распространенным логическим элементом является схема *«ИЛИ»*, условное графическое изображение которой приведено на рис. 5.3. В такой схеме сигнал на выходе будет в случае, если есть сигнал (напряжение логической *1*) на любом из входов. Выпускаются многовходовые элементы *«ИЛИ»*.

Логический элемент *«НЕ»*, графическое обозначение которого и таблица истинности приведены на рис. 5.4, называют инвертором. На практике используются и комбинированные логические элементы *«И-НЕ»*, *«ИЛИ-НЕ»*, *«И-ИЛИ-НЕ»*.

В таких элементах последовательно выполняются указанные функции. Так, например, в схеме *«И-НЕ»* сначала выполняется функция *«И»*, т. е. при двух входах и наличии одновременно сигнала на них, на выходе схемы должен быть сигнал, дальше он поступает на схему *«НЕ»*, и на выходе ее сигнала не будет. Таким образом, при наличии сигналов на всех входах схемы *«И-НЕ»* на выходе сигнала не будет, а в других случаях будет (когда нет сигнала хотя бы на одном из входов).

А	Б	В
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Рис. 5.2. Графическое обозначение элемента *«И»*:
а — отечественное; *б* — чаще встречающееся зарубежное; *в* — таблица истинности двухвходового элемента *«И»*; *г* — графики, поясняющие работу двухвходового элемента *«И»*



А	Б	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Рис. 5.3. Графическое обозначение элемента *«ИЛИ»*:
а — отечественное; *б* — зарубежное; *в* — таблица истинности

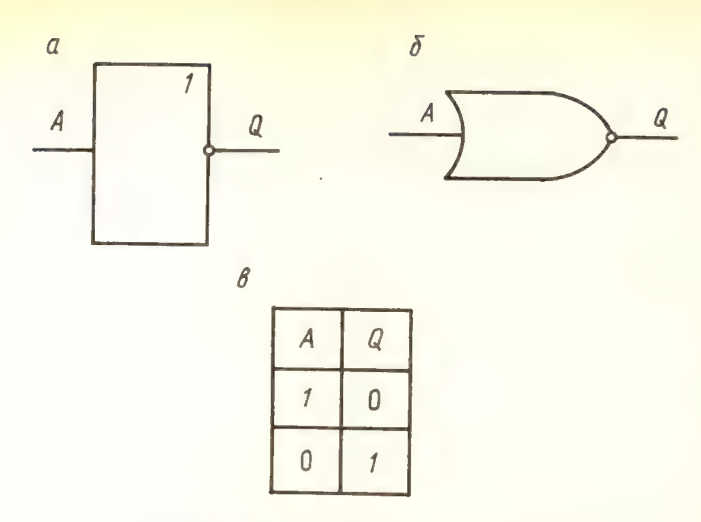


Рис. 5.4. Графическое обозначение элемента *«НЕ»:*
а — отечественное; *б* — зарубежное; *в* — таблица истинности

Условные графические изображения комбинированных логических элементов и их таблицы истинности приведены в табл. 5.2 и на рис. 5.5.

Промышленность выпускает большое количество логических интегральных схем, где имеются различные логические элементы (несколько в одном корпусе), двух- и многовходовые и т. п. Все логические ИС подразделяются на серии. Например, серия К155, К176 и др. Они могут иметь одинаковые наборы логических элементов, триггеров и других устройств, но отличаются значениями напряжений логических *1* и *0*, напряжением питания, потребляемой мощностью, быстродействием, видами корпусов и др.

С точки зрения ремонта логических элементов особых сложностей нет (как видно из их принципа действия). Так, при наличии уровней логических *1* или *0* на входах напряжение *0* или *1* будет на выходе. Напряжения измеряются вольтметром или логическими пробниками. Поэтому в справочных данных на аппараты часто приводят не значения напряжения на выводах (их бывает много), которые соответствуют каким-то режимам («Запись», «Воспроизведение», «Перемотка» и др.), а логические уровни *0* и *1*. Например, для кассетной приставки «Орель 101-стерео» приводится таблица, в которой указаны логические *0* и *1* в разных режимах на контактах (табл. 5.3). В примечании к принципиальной схеме данного аппарата указано, что логическому «0» соответствует напряжение +0,4В, а логической *1* — +2,4 В. Если при наличии на входе логического элемента присутствуют необходимые сигналы (уровни напряжения), а на выходе его нет нужного сигнала, то этот элемент неисправен. После проверки напряжения питания и наличия нормальных контактов (можно еще раз пропаять контакт неисправного выхода) следует проверить цепь выхода (нет ли большой утечки или короткого замыкания).

После проверки делают заключение, что элемент неисправен и микросхема подлежит замене. Заменять ее надо той же серией и типом МС. Однако есть серии (К155 и 133), имеющие одинаковые функции элементов и уровни, а также номера выводов питания, входов, выходов.

Таблица 5.2

<table>
<tr><th>Логическая операция</th><th>Обозначение логического элемента</th><th>Таблица истинности</th></tr>
<tr><td>И НЕ</td><td>A & Б Q; A Б Q</td><td><table><tr><th>A</th><th>Б</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>ИЛИ НЕ</td><td>A 1 Б Q; A Б Q</td><td><table><tr><th>A</th><th>Б</th><th>Q</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>И ИЛИ НЕ</td><td>A & Б В & Г 1 Q</td><td><table><tr><th>A, Б</th><th>В, Г</th><th>Q</th></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table></td></tr>
</table>

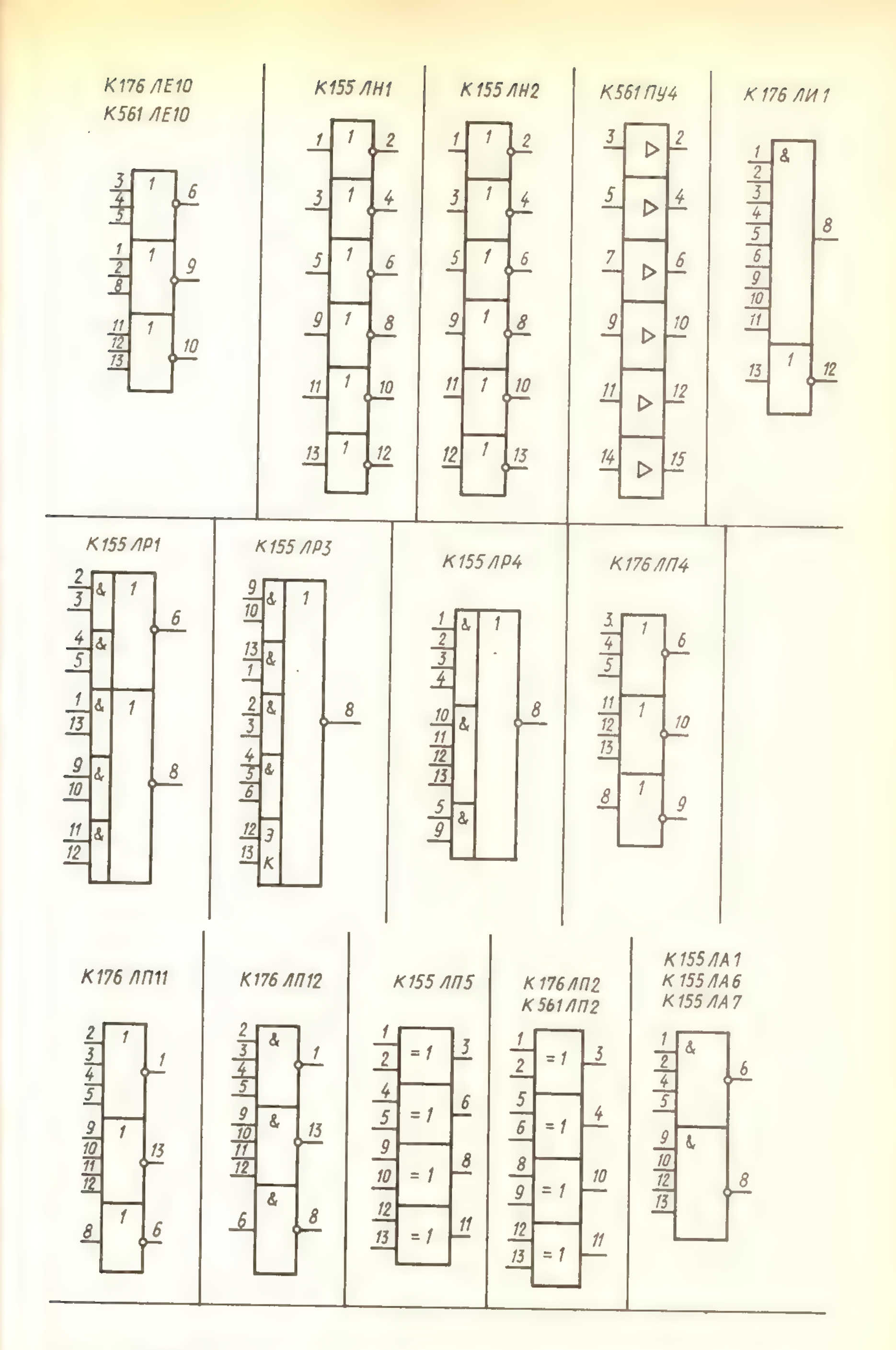


Рис. 5.5. Графическое обозначение логических элементов серий К155, К176, К561

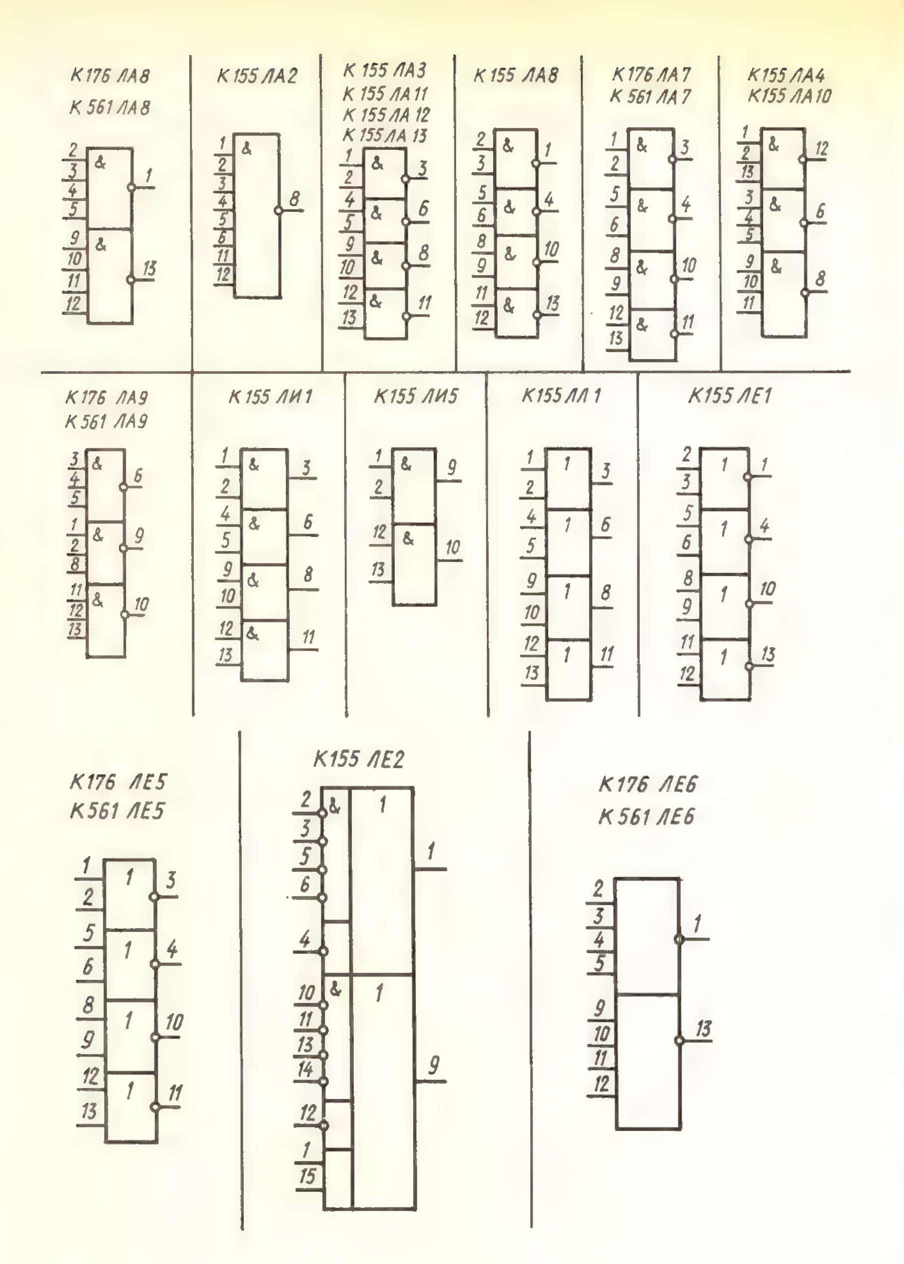

К176 ЛА8
К561 ЛА8
К155 ЛА2
К155 ЛА3
К155 ЛА11
К155 ЛА12
К155 ЛА13
К155 ЛА8
К176 ЛА7
К561 ЛА7
К155 ЛА4
К155 ЛА10
К176 ЛА9
К561 ЛА9
К155 ЛИ1
К155 ЛИ5
К155 ЛЛ1
К155 ЛЕ1
К176 ЛЕ5
К561 ЛЕ5
К155 ЛЕ2
К176 ЛЕ6
К561 ЛЕ6

Рис. 5.5.

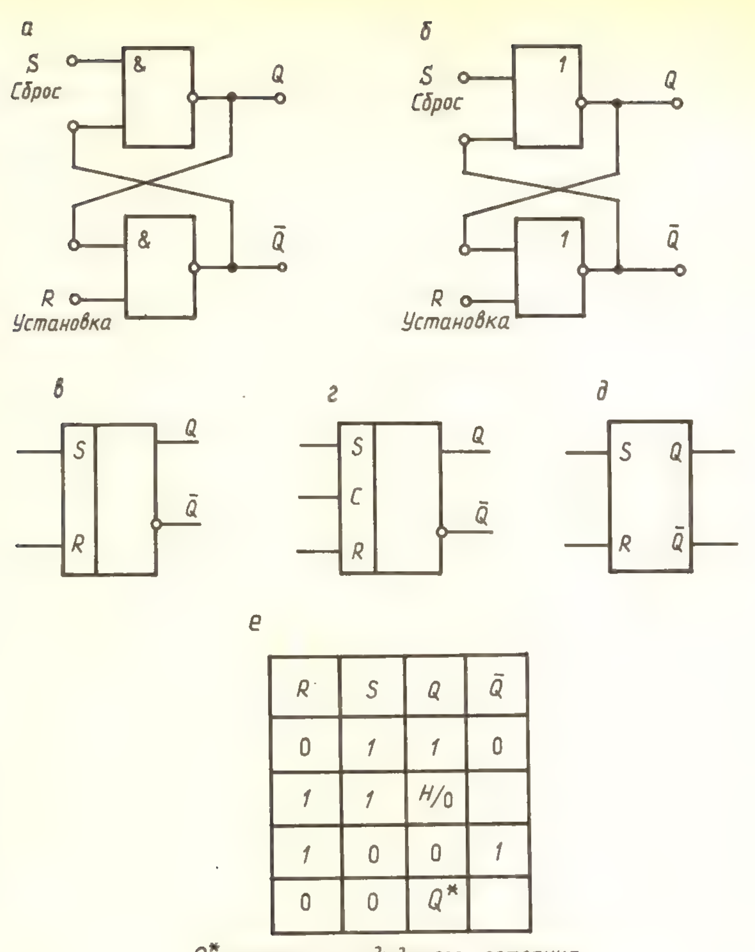
Таблица 5.3. **Логические уровни режимов работы**

Режим работы	Вход (контакты X1)									Выход (контакты X1)									
	2	4	6	8	10	16	19	20	22	3	5	7	9	11	12	13	14	18	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Блокировка	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
+	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
−	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
+	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
+	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
+	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
+	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0
−	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
−	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Блокировка + +	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0

Триггеры

Простые и комбинированные логические элементы (схемы) иногда называют комбинационными, так как сигнал на выходе их зависит от комбинации *0* и *1* на входах. Но с помощью простых логических элементов строятся устройства, которые могут хранить («запомнить») логическое состояние (*0* или *1*) неопределенно долго (разумеется, пока есть напряжение питания). Такие устройства образуют память, и их выход может находиться в одном из двух устойчивых состояний: *0* или *1*. Такие схемы называют бистабильными, или триггерами.

Простейший *RS*-триггер реализуется на двух элементах *«И-НЕ»* или *«ИЛИ-НЕ»* (рис. 5.6). Триггер имеет прямой (Q) и инверсионный ($\bar{Q}$) выходы, т. е. если на прямом выходе *1* — в это время на инверсном *0* и наоборот. Вход S — установка триггера в состояние *1*, на выхо-



R	S	Q	$\bar{Q}$
0	1	1	0
1	1	Н/о	
1	0	0	1
0	0	Q*	

Q - хранение предыдущего состояния*
Н/о - неопределенное состояние триггера

Рис. 5.6. Типы и условные обозначения *RS*-триггеров:
а — на элементах *«И—НЕ»*; *б* — на элементах *«ИЛИ—НЕ»*; *в* — условное обозначение асинхронного *RS*-триггера; *г* — условное обозначение синхронного *RS*-триггера; *д* — зарубежное обозначение *RS*-триггера

де — Q. Вход R — установка триггера в состояние *0*, на выходе — Q. Работа RS-триггера определяется работой входящих логических элементов. Так, например, в схеме (рис. 5.6, а) на вход S поступает сигнал логической единицы, а на вход R — *0*. Подача *0* хотя бы на один из входов схемы *«И-НЕ»* дает на выходе ее *1*, т. е. на выходе $\bar{Q}$ будет сигнал логической *1*, и он прикладывается ко второму входу верхнего (по схеме) элемента *«И-НЕ»*. Значит, на двух входах его сигнала *1*, а на выходе — *0*, т. е. на выходе Q сигнал логического нуля. Аналогично можно объяснить работу триггера (рис. 5.6, б).

Таблица истинности RS-триггера приведена на рис. 5.6, *а*, на рис. 5.6, *б* показаны временные диаграммы, поясняющие работу.

Сочетание $S = 1$ и $R = 1$ является запрещенным, так как на обоих выходах триггера устанавливаются логические нули и после снятия входных сигналов состояние его непредсказуемо. Комбинация $S = 0$ и $R = 0$ не используется, так как в этом случае $Q = \bar{Q} = 0$, а обычно ожидается, что $\bar{Q}$ — это инверсия Q, т. е. если $Q = 0$, то $\bar{Q} = 1$ и наоборот. Из сказанного ясно, что для переключения RS-триггера в состояние $Q = 1$ на его входы следует подать комбинацию $S = 1$, $R = 0$, а для переключения в состояние $Q = 0$ — комбинацию $S = 0$, $R = 1$.

Когда на RS-входы идут импульсные сигналы для перехода логических элементов из одного состояния в другое, требуется какое-то время (хотя и очень маленькое), а для триггера в целом время переключения — минимум удвоенное время логического элемента. Если его брать с запасом, то принимают время переключения $t_{пер} = 3t_з$, где $t_з$ — время переключения логического элемента (время задержки). Для надежного переключения триггера длительность входного переключающего сигнала не должна быть меньше $t_{пер}$.

Время переключения для конкретной серии триггеров — величина справочная. При ремонте и контроле устройств длительность импульсов можно измерить осциллографом.

Различают асинхронные и синхронные триггеры. Особенностью асинхронных является то, что установка их состояния, т. е. запись информации, осуществляется с поступлением сигналов на входы. В синхронных триггерах есть вход C для синхронизирующего (тактового) сигнала. Запись информации производится сигналами на информационных входах (R, S), но с поступлением тактового сигнала (или потенциала *1*), т. е. $C = 1$. Если $C = 0$, триггер находится в режиме хранения (сохраняет предыдущее состояние).

На рис. 5.7 показано обозначение синхронного RS-триггера и его построение на логических элементах. Из него видно, что двухступенчатый RS-триггер в два раза сложнее. Какие же преимущества это дает?

Применение одноступенчатых RS-триггеров в качестве самостоятельных запоминающих элементов ограничено из-за неустойчивой работы последовательной схемы, выполненной на них.

Сигналы переключения RS-триггера $S(t)$ и $R(t)$ формируются в цифровом устройстве какой-то комбинационной схемой. В их формировании участвуют вместе с внешними логическими сигналами сигналы $Q(t)$ и $Q(t)$ ($Q(t)$ соединен со входом R, а $\bar{Q}(t)$ — с S). Переключение одноступенчатого RS-триггера под действием сигналов $S(t)$ или $R(t)$ вызывает изменение значений сигналов $Q(t)$ и $\bar{Q}(t)$, а это в свою очередь может привести к изменению $S(t)$ или $R(t)$ в такте временного интервала t и, как следствие, к ложному срабатыванию триггера.

Для устойчивой работы необходимо, чтобы сигналы $Q(t)$ и $\bar{Q}(t)$ изменялись только после прекращения действия входного сигнала $S(t)$ или $R(t)$ (по срезу импульса) (рис. 5.7). Это требование и выполняется в двухступенчатых RS-триггерах. В двухступенчатом триггере при $C = 1$ вторая ступень отключена от первой, а при $C = 0$ — первая ступень не принимает информации с S- и R-входов. Лишь при изменении сигнала на тактовом входе C информация из первой ступени перезаписывается во вторую, и состояния выходов Q и Q изменяются. Практически переключение происходит в два такта, его осуществляют две последовательности импульсов, смещенные во времени. Поэтому двухступенчатый триггер называют еще двухтактным.

Рис. 5.7. Условное обозначение синхронного RS-триггера и его состав на логических элементах:
а — условное обозначение; *б* — одноступенчатый синхронный RS-триггер; *в* — двухступенчатый RS-триггер

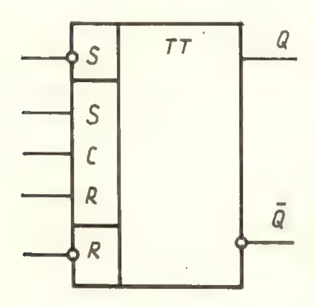


Рис. 5.8. Условное графическое изображение тактируемого двухступенчатого RS-триггера с инверсными асинхронными входами

Синхронный RS-триггер обычно имеет дополнительные асинхронные входы, по которым он независимо от сигнала на тактовом входе C переключается в состояние *1* (вход S) или *0* (вход R). Такие входы называют нетактируемыми и в тексте их указывают после информационных. К примеру, RS-триггер с асинхронными входами обозначается как $RSRS$. Условное изображение тактируемого RS-триггера с инверсными асинхронными входами показано на рис. 5.8.

Входы $\bar{S}$ и $\bar{R}$ непосредственно воздействуют на RS-триггеры первой и второй ступени, поэтому они выполнены на трехвходовых элементах

«И-НЕ». Для переключения триггера по входам $\bar{S}$ и $\bar{R}$ не требуют синхроимпульсов на входе C. При подаче на эти входы логической *1* ($\bar{S}=\bar{R}=1$) RSC-триггер работает как обычный синхронный RS-триггер, так как его ступени ею не переключаются. При $\bar{S}=0$ и $\bar{R}=1$ RSC-триггер устанавливается в состояние $Q=1$, а при $\bar{R}=0$ и $\bar{S}=1$ — в состояние $Q=0$.

Триггер задержки (Д-триггер)

Триггер имеет один информационный D-вход и тактовый C-вход. Он состоит из синхронного RSC-триггера, дополненного инвертором (рис. 5.9). На рис. 5.10 показано графическое изображение D-триггера. При $C=1$ сигнал D-входа передается на S-вход триггера $T1$ ($S=D$),

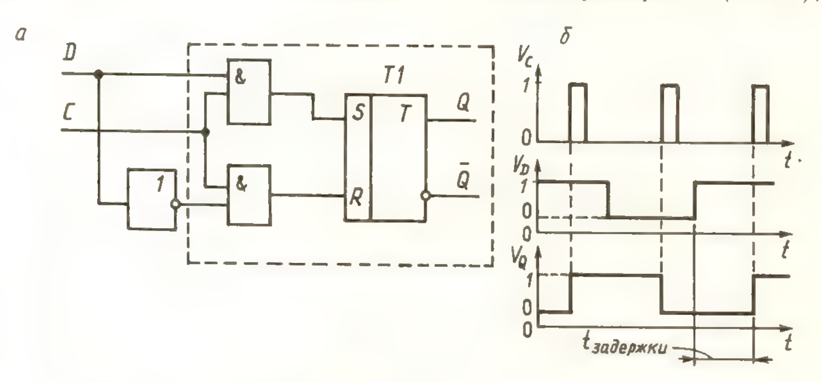


Рис. 5.9. Структура D-триггера:
а — состав схемы D-триггера; *б* — временные диаграммы D-триггера

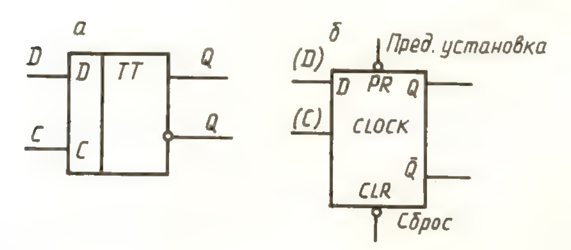


Рис. 5.10. Графическое изображение D-триггера:
а — отечественное; *б* — зарубежное

а на входе R устанавливается потенциал $R=\bar{D}$, т. е. сигналы на S- и R-входах оказываются взаимно инвертированными ($S=\bar{R}$). Это приводит к тому, что любой сигнал на входе D создает на S- и R-входах комбинацию ($S=1$, $R=0$ или $S=0$, $R=1$), способную переключить триггер в состояние $Q=S=D$.

Таким образом, при $C=1$ D-триггер является повторителем: на выходе Q повторяется потенциал входа D. Однако это повторение начинается только с поступлением тактового импульса на вход C, т. е. с за-

держкой относительно сменившегося потенциала на D-входе. При $C = 0$ триггер $T1$ и D-вход разъединены, поэтому $S = R = 0$, и триггер хранит информацию, поступившую при $C = 1$ с D-входа.

На рис. 5.11 приведены временные диаграммы D-триггера. Выход Q повторяет состояние D-входа с задержкой. DV-триггер отличается от D-триггера наличием дополнительного входа V, управляющего приемом

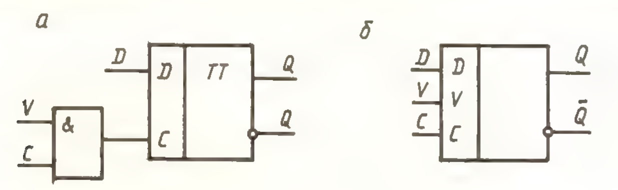


Рис. 5.11. DV-триггер:
а — структура *DV*-триггера; *б* — условное графическое изображение

информации по входу D (рис. 5.11). Сигнал $V = 1$ не влияет на работу D-триггера. При $V = 0$ триггер сохраняет свое состояние независимо от изменения информации на входе D.

Триггер со счетным запуском (*T*-триггер)

Триггер со счетным запуском должен переключаться каждым импульсом на счетном входе T (счетным импульсом). Такой триггер может быть построен на базе двухступенчатого RSC-триггера (рис. 5.12). С появлением тактового импульса на входе T триггер $T1$ первой ступени переключается в состояние, противоположное состоянию триггера $T2$.

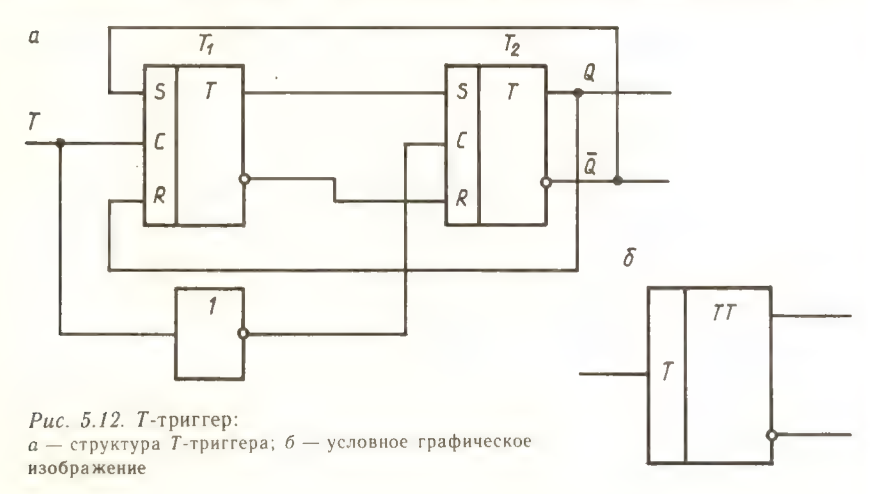


Рис. 5.12. T-триггер:
а — структура *T*-триггера; *б* — условное графическое изображение

Но это не вызывает изменения потенциалов на выходах Q и $\bar{Q}$, так как на тактовом входе триггера $T2$ за счет инвертора в это время присутствует логический *0*. Только после окончания импульса на входе $T1$ переключится триггер $T2$ и произойдет изменение потенциалов на выходах

Q и $\bar{Q}$, а также на R- и S-входах первой ступени. В T-триггере, так же как в двухступенчатом тактируемом RSC-триггере, первая ступень переключается по переднему фронту входного импульса, а вторая — по срезу.

JK-триггер

JK-триггер наиболее универсальный из рассмотренных ранее. Имеет два информационных входа — J и K, тактовый вход C и два выхода — прямой Q и инверсный $\bar{Q}$. Он обладает свойствами всех других триггеров и поэтому наиболее широко представлен в современных сериях интегральных схем.

Наряду с информационными и тактовыми входами обычно триггеры имеют входы для установки начального состояния. Например, $JKRS$-триггер имеет вход S для установки его в *1* и вход R для установки в *0*. Может быть предусмотрен в микросхеме триггера только один из входов. Начальное состояние триггера устанавливается коротким импульсом положительной или отрицательной полярности (прямой или инверсный вход).

В большинстве триггеров установка начального состояния не зависит от состояния на тактовом входе, т. е. является асинхронной. Часто для расширения функциональных возможностей триггеры снабжаются входной логикой, которая реализуется встроенными логическими элементами. Условное графическое изображение JK-триггера показано на рис. 5.13. Одна из возможных функциональных схем JK-триггера приведена на рис. 5.14. Она отличается от схемы T-триггера элементами *«И-НЕ»*

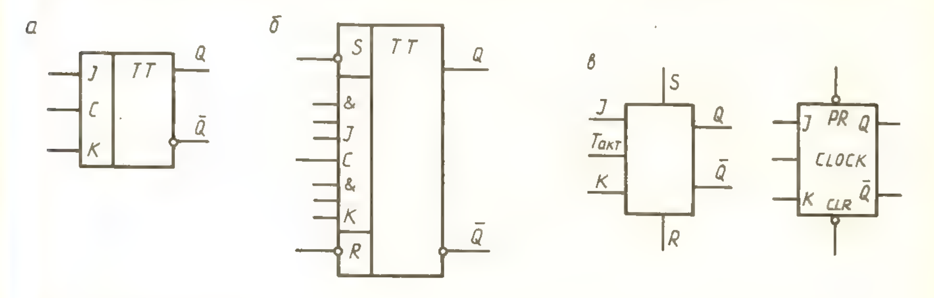


Рис. 5.13. JK-триггер:
а — условное графическое изображение; *б* — $JKRS$-триггер с входной логикой и входами асинхронной установки состояния, *в* — условные графические изображения зарубежные

и $Э_1$, $Э_2$ входной логики первой ступени (для создания информационных входов J и K они выбраны трехвходовыми). Переключающий вход C — динамический. При $J = K = 0$ на выходах элементов $Э_1$ и $Э_2$ устанавливаются логические единицы, которые для триггеров с инверсными входами являются пассивными сигналами — триггер T_1 и, следовательно, JK-триггер в целом сохраняют прежнее состояние.

Логическая *1* на одном из входов элемента *«И-НЕ»* не определяет потенциал на его выходе, поэтому сочетание $J = K = 1$ никак не влияет на входную логику первой ступени, схемы T и JK-триггеров принципиально перестают отличаться, т. е. JK-триггер работает в счетном

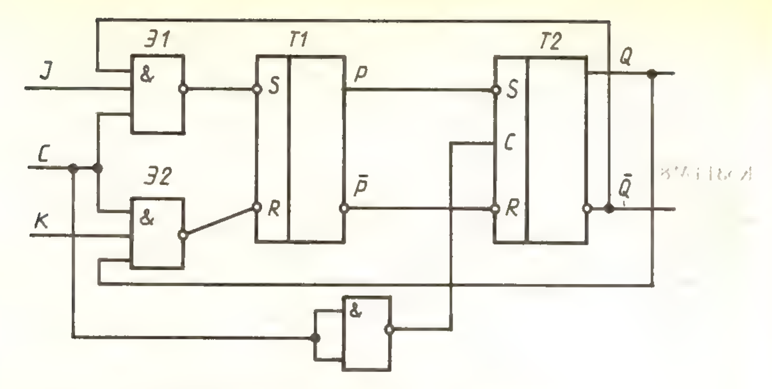


Рис. 5.14. Одна из функциональных схем *JK*-триггера

режиме. Чтобы на выходе элемента $Э_1$ появился логический *0* (которым триггер T_1 может переключиться в состояние $P=1$), на его входах необходимо присутствие сигналов $J=1$, $C=1$, а также логической единицы с выхода $\bar{Q}$. Аналогично логический *0* будет на выходе элемента $Э_2$, когда $K=1$, $C=1$ и $Q=1$.

Таким образом, комбинация $J=1$, $K=0$ определяет по тактовому импульсу переключение *JK*-триггера в целом в состояние $Q=1$, а комбинация $J=0$, $K=1$ — в состояние $Q=0$.

Триггер Шмидта

Триггер Шмидта используется в основном для формирования прямоугольных импульсов из напряжения любой формы, в частности синусоидального, являющегося напряжением переключения триггера.

В табл. 5.4 приведены типы и основные характеристики наиболее часто встречающихся триггеров на микросхемах.

Таблица 5.4. **Триггеры**

Микросхема	Вид триггера	Число триггеров	Средняя задержка	Частота переключения, МГц	Потребл. мощность, мВт	Напряжение питания, В
1	2	3	4	5	6	7
			Триггеры Шмидта			
К531ТЛ3П		4	12	80	280	5,0
К555ТЛ2		6	22	45	185	5,0
К155ТЛ1		2	24	40	137	5,0
К155ТЛ2		6	22	45	240	5,0
К155ТЛ3		4	22	45	160	5,0
К561ТЛ1		4	300	2	0,02	3...15
			Одноступенчатые триггеры			
К1500ТМ130	DV	3	2,0	500	480	—4,5
К500ТМ130	DV	2	4,0	250	182	—5,2
К500ТМ133	DV	4	5,4	185	390	—5,2
К500ТМ134	DV*	2	5,5	180	286	—5,2

1	2	3	4	5	6	7
К500ТМ173	DV*	4	6,2	160	345	—5,2
К531ТМ8П	D	4	15	80	480	5,0
К531ТМ9П	D	6	17	75	720	5,0
К555ТМ7	D	4	27	35	60	5,0
К555ТМ8	D	4	32	30	90	5,0
К555ТМ9	D	6	32	30	130	5,0
К555ТР2	RS	4	27	35	35	5,0
К155ТМ5	D	4	27	35	265	5,0
К155ТМ8	D	4	30	30	225	5,0
К561ТМ3	D	4	350	2,0	0,2	3...15**
К561ТР2	RS	4	300	5,0	0,2	3...15**
			Двухступенчатые триггеры			
К1500ТМ131	DV	3	2,1	410	480	—4,5
К570ТМ1	D	1	2,5	350	286	—5,2
К500ТВ135	JK	2	4,5	110	354	—5,2
К500ТМ231	DV	2	3,3	150	340	—5,2
К531ТВ9П	JK	2	7,0	80	250	5,0
К531ТМ2П	D	2	12	40	250	5,0
К1533ТМ2	D	2	19	25	22	5,0
К555ТВ9	JK	2	25	20	40	5,0
К555ТМ2	D	2	32	15	40	5,0
К155ТВ1	3J—3K	1	32	15	100	5,0
К155ТВ15	JK	2	20	25	150	5,0
К155ТМ2	D	2	32	15	150	5,0
К134ТВ1	JK	1	200	2,5	8,0	5,0
К134ТМ2А	D	2	120	4,0	6,0	5,0
К511ТВ1	JK	2	500	1,0	578	15
К176ТВ1	JK	2	—	1,7	0,9	9,0
К176ТМ2	D	2	—	1,0	0,03	9,0
К561ТВ1 К564ТВ1	JK	2	250	2,0	0,02	3...15**
К561ТМ2 К564ТМ2	D	2	150	3,0	0,2	3...15**

* Триггеры имеют мультиплексорные входы.
** Значения параметров при напряжении 10 В.

Общие замечания по триггерам

Многие свойства и особенности триггеров, существенно важные при практическом применении, определяются принципом их построения. По этому признаку все рассмотренные триггеры делятся на одноступенчатые и двухступенчатые. Триггерные структуры строятся на основе самого простого *RS*-триггера.

Одноступенчатым назван триггер, имеющий одну ступень запоминания информации (*0* или *1*). Запись в триггер информации, которая находится, например, на входах *R* и *S*, начинается сразу после поступления разрешающего сигнала на вход *C*.

В двухступенчатых триггерах имеются две ступени запоминания информации: основная и вспомогательная (вторая), каждая из которых представляет собой фактически одноступенчатый триггер (например, *RS*). Ступени управляются так, что с приходом тактового импульса

информация записывается в первую ступень, а после его снятия — переписывается во вторую и появляется на выходах триггера. Таким образом, в двухступенчатых триггерах процесс передачи информации двухтактный (от входов к выходам) и быстродействие его в два раза ниже.

По режиму управления различают триггеры со статическим и динамическим управлением. Они имеют статическое управление по тактовому входу, при котором триггер восприимчив к сигналам на информационных входах все время, пока на тактовом входе есть сигнал *1* (прямой статический вход) либо *0* (инверсный статический вход). Триггеры с динамическим управлением по тактовому входу строятся по другим принципам, например блокируют свои информационные входы после установления нового состояния.

Тактовый сигнал на динамическом входе воспринимается триггером как разрешающий запись информации только при изменении его уровня от *0* к *1* (прямой динамический вход) или от *1* к *0* (инверсный динамический вход). Другие состояния тактового сигнала триггер воспринимает как отсутствие разрешения на прием информации. Например, триггер с прямым динамическим входом *C* примет входную информацию только при изменении тактового сигнала от *0* к *1*. Информация сразу поступает на выход триггера. Если же информационные сигналы изменились в присутствии *1* на входе *C*, то триггер на это не отреагирует. В подобной ситуации двухступенчатый триггер, имеющий статическое управление, ведет себя иначе: он изменит записанную в первую ступень информацию, не успев передать ее во вторую. В этом отличии реакций триггеров с динамическим и статическим управлением на одинаковые условия на входах и состоит основной внешний признак режима управления работой триггера. По функциональным возможностям триггеры с динамическим управлением близки к двухступенчатым триггерам, например они могут быть использованы в счетном режиме.

Внешне реакция триггеров одноступенчатого, двухступенчатого и триггера с прямым динамическим входом одинакова, однако взаимозаменяемы в счетчиках и регистрах сдвига только два последних триггера. Использовать одноступенчатый триггер в регистре сдвига, например вместо двухступенчатого, нельзя из-за его однотактного механизма передачи информации со входа на выход.

Счетчики

Цифровым счетчиком называют функциональный узел, который осуществляет счет поступающих на его вход импульсов (счетных импульсов), формирует результат счета в заданном коде и при необходимости хранит его. Поэтому счетчик состоит из запоминающих ячеек-триггеров. Между собой ячейки счетчика соединяются таким образом, чтобы каждому числу импульсов соответствовали единичные состояния определенных ячеек. При этом совокупность единиц и нулей на выходах ячеек счетчика представляет собой *N*-разрядное двоичное число, которое однозначно определяет количество прошедших на входе импульсов. Поэтому ячейки счетчика называют его разрядами.

Для построения счетчиков обычно используют двухступенчатые триггеры. Каждый разряд счетчика (каждый триггер) может находиться в двух состояниях (*0; 1*). Число устойчивых состояний, которое может принимать данный счетчик, называют его емкостью, модулем счета или коэффициентом пересчета. Если же с каждым входным импульсом за-

регистрированное (записанное) в счетчике число увеличивается, то такой счетчик является суммирующим, если оно уменьшается — вычитающим. Счетчик, работающий как на сложение, так и на вычитание, называют реверсивным. Счетчик, у которого под воздействием входного импульса переключение соответствующих разрядов происходит последовательно друг за другом, называют асинхронным, а когда переключение происходит одновременно (или почти одновременно) — синхронным.

Для построения счетчиков необходимы двухступенчатые триггеры. Два наиболее характерных варианта построения счетчиков на *T*-триггерах показаны на рис. 5.15, схема четырехразрядного счетчика с последовательным переносом — на рис. 5.15, а.

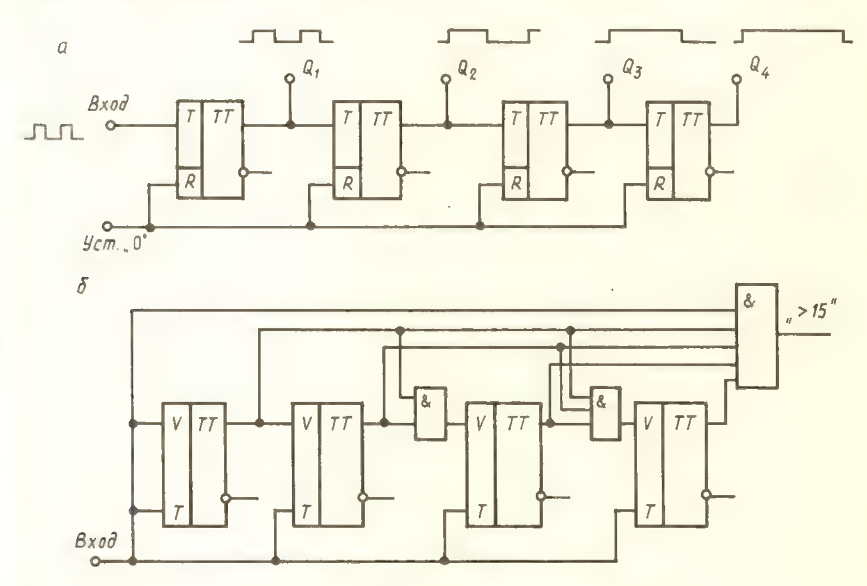


Рис. 5.15. Четырехразрядные счетчики:
а — с последовательным переносом; *б* — с параллельным переносом

Такой счетчик имеет один вход, на который поступают счетные импульсы. Четыре триггера соединены последовательно, так что каждый последующий разряд (триггер) срабатывает после того, как переключился предыдущий. Последовательность смены состояний счетчика приведена в табл. 5.5.

Такой счетчик может посчитать 16 импульсов по числу его состояний 2^n, где n — число разрядов (триггеров) счетчика. Результат снимается в виде двоичного кода с выходов всех разрядов одновременно. Счетчики с последовательным переносом имеют невысокое быстродействие, что обусловлено последовательным по времени срабатыванием разрядов. Это их основной недостаток. Преимущество — простота построения. Быстродействие триггеров должно быть выше в n раз. Для увеличения количества просчитываемых импульсов необходимо увеличить количество разрядов. Счетчики с параллельным переносом (рис. 5.15, б) имеют наибольшее быстродействие, так как в них реализована схема параллельного переноса. Смена состояний счетчика при поступлении на вход

Таблица 5.5.

Номер импульса счета	Выходной код				Номер импульса счета	Входной код			
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1		Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0	0	8	1	0	0	0
1	0	0	0	1	9	1	0	0	1
2	0	0	1	0	10	1	0	1	0
3	0	0	1	1	11	1	0	1	1
4	0	1	0	0	12	1	1	0	0
5	0	1	0	1	13	1	1	0	1
6	0	1	1	0	14	1	1	1	0
7	0	1	1	1	15	1	1	1	1

счетных импульсов та же, что и у предыдущего, но время, необходимое для установления нового состояния, значительно меньше, так как счетные импульсы воздействуют одновременно на все триггеры. Условие переключения определяет логический элемент *«И»*, который на входе *V* данного разряда формирует разрешающий переключение сигнал, если предыдущие разряды имеют состояние *1*.

Таким образом, с поступлением каждого счетного импульса переключаются те триггеры, которым предшествуют разряды с состоянием *1* на выходах. При заполнении счетчика единицами формируется сигнал переноса в старший разряд.

Поскольку в подавляющем большинстве бытовых магнитофонов счетчики в таком построении практически не применяются, то подробное рассмотрение всех видов счетчиков производить не будем.

Счетчики широко представлены в различных сериях интегральных схем, так как микросхема — это уже готовый счетчик на какое-то количество разрядов. Интегральные счетчики чаще используются в бытовых аппаратах, особенно серии К155 и К176. В таблицах 5.6, 5.7 приведены данные интегральных схем счетчиков наиболее распространенных серий.

Таблица 5.6. **Двоичные четырехразрядные счетчики**

Тип микросхемы	Частота счетных импульсов, МГц	Потребляемая мощность, мВт	Напряжение питания, В	Входы предустановки	Выход переноса	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
К1500ИЕ136	450	880	−4,5	+	+	реверсивный
К500ИЕ136	100	780	−5,2	+	+	реверсивный
К531ИЕ17П	50	800	5,0	+	+	
К531ИЕ15П	45	600	5,0	+	—	
К555ИЕ7	12	155	5,0	+	+	реверсивный
К555ИЕ5	7	75	5,0	—	—	
К555ИЕ10	10	156	5,0	+	+	
К555ИЕ13	10	175	5,0	+	+	реверсивный
К555ИЕ15	10	135	5,0	+	—	
К155ИЕ5	4	265	5,0	—	—	
К155ИЕ7	12	510	5,0	+	+	реверсивный
К134ИЕ5	0,8	600	5,0	—	—	
К561ИЕ10	0,3	0,25	3...15	—	—	сдвоенные четырехраз-

1	2	3	4	5	6	7
564ИЕ10	1,5	0,03	3...15	—	—	рядные
К561ИЕ11	0,6	0,03	3...15	+	+	реверсивный
564ИЕ11						то же
К561ИЕ14	0,8	0,03	3...15	+	+	» »
564ИЕ14						» »
К561ИЕ16	2	0,04	3...15	—	—	14-разрядный

Таблица 5.7. **Четырехразрядные двоично-десятичные счетчики**

Тип микросхемы	Частота счетных импульсов, МГц	Потребляемая мощность, мВт	Напряжение питания, В	Входы предустановки	Выход переноса	Примечание
К500ИЕ137	100	780	−5,2	+	+	реверсивный
К531ИЕ16П	50	800	5,0	+	+	то же
К531ИЕ14П	45	600	5,0	+	—	
К555ИЕ2	10	75	5,0	—	—	
К155ИЕ2	5	265	5,0	—	—	
К555ИЕ6	12	155	5,0	+	+	реверсивный
К155ИЕ6	12	510	5,0	+	+	то же
К555ИЕ9	15	156	5,0	+	+	
К155ИЕ9	20	500	5,0	+	+	
К555ИЕ14	100	135	5,0	—	—	
К155ИЕ14	20	300	5,0	—	—	
К155ИЕ1	10	300	5,0	—	—	
К555ИЕ18	15	156	5,0	+	+	
К134ИЕ2	1,4	36	5,0	—	—	
К511ИЕ1	1,0	540	15	+	—	
К561ИЕ14	10,8	0,03	3...15	+	+	реверсивный
564ИЕ14	0,8					то же

Регистры

Регистром называют цифровой узел, предназначенный для записи и хранения двоичного числа (кода). Поэтому его основу составляют запоминающие элементы — триггеры. В каждом из них должна храниться цифра определенного разряда числа. Кроме хранения регистр может осуществлять сдвиг принятого кода на один или несколько разрядов, преобразование двоичного кода из прямого в обратный (когда единицы заменяются нулями, а нули единицами), и наоборот, логические сложение и умножение. В соответствии с назначением различают регистры хранения и регистры сдвига.

В зависимости от способов ввода и вывода разрядов числа регистры бывают параллельные, последовательные и параллельно-последовательные.

В параллельном регистре ввод и вывод кода осуществляется в параллельной форме — одновременно всех разрядов.

В последовательном регистре разряды числа вводятся и выводятся последовательно.

В параллельно-последовательном регистре ввод числа осуществляется в параллельной форме, а вывод — в последовательной, или наоборот. Ввод и вывод информации в параллельном регистре может осуществляться однофазным и парафазным способами. При однофазном число представляется в прямом или обратном коде; при парафазном — одновременно в прямом и обратном.

По принципу хранения информации регистры делят на статические и динамические. Статические регистры построены на триггерах и могут хранить записанную информацию долго (при наличии напряжения питания). В динамических регистрах функции элементов питания выполняют МДП (металл-диэлектрик-полупроводник)-конденсаторы. Подобный элемент памяти может хранить информацию лишь в течение некоторого интервала времени. Поэтому в динамических регистрах записанная информация находится в постоянном движении. Более широко применяются статические регистры, о них и пойдет речь в дальнейшем.

Наиболее важными характеристиками регистров являются разрядность и быстродействие. Разрядность регистра зависит от количества разрядов в записываемом числе. Быстродействие характеризуется максимальной тактовой частотой, с которой могут производиться запись, чтение и сдвиг информации.

Основу регистра хранения составляют одноступенчатые *D*- или *RS*-триггеры. В этом качестве могут применяться и *JK*-триггеры, но их возможности больше, чем требуется для регистра хранения.

Вариант четырехразрядного регистра хранения приведен на рис. 5.16, *а*. Здесь использована интегральная схема К155ТМ8, в которой четыре *D*-триггера с объединенными входами установки нуля и синхронизации. Числа в триггеры регистра записывают, подавая сигналы на входы *D* при разрешающем сигнале $C = 1$. После смены сигнала на входе *C* на *0* триггеры переходят в режим хранения. В это время ко входам *D* можно подвести следующее число, которое при появлении сигнала $C = 1$ запишется в регистр, заменив в его триггерах предыдущую информацию.

Для сброса информации (установки регистра в нулевое состояние) ко входу *R* подводят отрицательный импульс, длительность которого (время существования) достаточна для перевода всех триггеров регистра в нулевое состояние.

Как правило, это время указано в справочных данных на ИС. Все время, пока регистр выполняет свои функции, на установочном входе поддерживается напряжение высокого уровня.

Промышленность выпускает достаточно широкий ассортимент ИС регистров хранения, выполненных по различным вариантам с различными функциональными возможностями, электрическими характеристиками, режимами управления (табл. 5.8).

Многие регистры имеют выходы на три состояния и соответствующее управление ими, специальные входы для сигналов управления режимом записи, причем часто управляющие сигналы объединены логическим оператором. Например, четырехразрядные регистры К155ИР15, К555ИР15 (рис. 5.16, *б*) кроме информационных входов и выходов, входов синхронизации и установки имеют две пары связанных управляющих входов: V_1, V_2 — для установки выходов регистра в третье состояние при напряжении высокого уровня на одном из них; V_3, V_4 — для разрешения записи числа в регистр при напряжении низкого уровня на обоих входах.

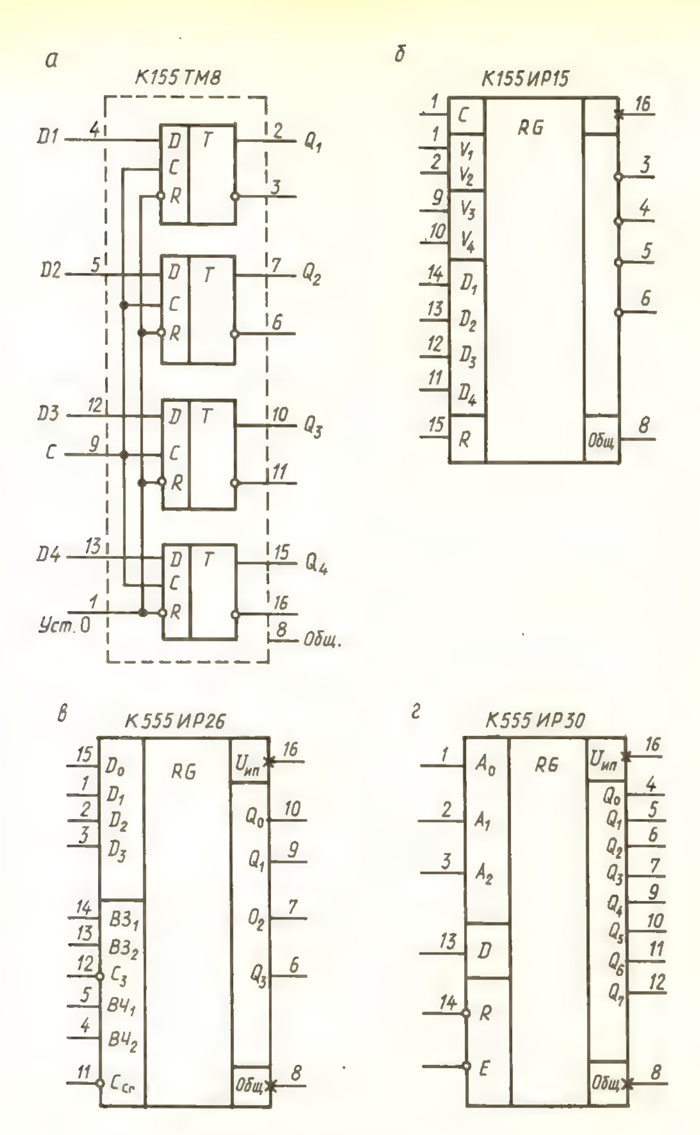


Рис. 5.16. Регистры хранения:
а — на микросхеме К155ТМ8; *б* — К155ИР15 (К555ИР15);
в — К555ИР26; *г* — К555ИР30

Ряд серий содержит многорегистровые ИС, к примеру микросхема К555ИР26 (рис. 5.16, *в*). В ней имеются четыре четырехразрядных регистра, по четыре информационных входа и выхода, две пары адресных входов для раздельной выборки регистров записи ($ВЗ_1$, $ВЗ_2$) и чтения ($ВЧ_1$, $ВЧ_2$), два управляющих входа, сигналы, на которых разрешают запись $C_З$ и считывание $C_{сч}$. Указанное разделение адресных и управляющих сигналов позволяет одновременно записывать и считывать

Таблица 5.8. **Регистры**

Тип микросхемы	Число разрядов	Средняя задержка, нс	Потребляемая мощность, мВт	Напряжение питания, В	Примечание
К1500ИР150	6	1,6	716	—4,5	
К1500ИР151	6	2,2	890	—4,5	
К531ИР19П	4	15	480	5,0	
К531ИР20П	4	15	600	5,0	
К531ИР22П	8	19	800	5,0	Выходы с тремя состояниями
К555ИР22	8	43	200	5,0	То же
К555ИР27	8	30	140	5,0	
К555ИР15	4	28	100	5,0	Выходы с тремя состояниями
К155ИР15	4	37	360	5,0	То же
К1804ИР1	4	21	715	5,0	»
К1804ИР2	8	43	195	5,0	»
К588ИР1	8	150	2,3	5,0	»
К580ИР82	8	30	800	5,0	»
К589ИР12	8	55	725	5,0	»
К1802ИР1	4×16	55	990	5,0	Выходы с тремя состояниями
К1002ИР1	8×32	500	0,1	5,0	
К555ИР26	4×4	43	250	5,0	Выходы с тремя состояниями
К555ИР30	1×8	34	180	5,0	
К561ИР11	4×8	600	0,2	3...15	
К561ИР12	4×4	4000	0,02	3...15	Выходы с тремя состояниями

информацию. Выбор информации из регистров производят адресными кодами, подаваемыми на входы $ВЗ_2$, $ВЗ_1$ и $ВЧ_2$, $ВЧ_1$: кодом *00* выбирается регистр *1*, *01* — регистр *2*, *10* — регистр *3*, *11* — регистр *4*.

Например, чтобы записать число в регистр *2* и одновременно считать число с регистра *4*, необходимо записываемое число подвести к входам, на адресных и управляющих входах установить уровни $ВЗ_2 = 0$, $ВЗ_1 = 1$, $ВЧ_2 = 1$, $ВЧ_1 = 1$, $\bar{C}_з = \bar{C}_{сч} = 0$. При отсутствии разрешающего считывание уровня *0* на входе $C_{сч}$, т. е. при $\bar{C}_{сч} = 1$, выходы ИС принимают третье состояние. Примером использования принципа адресации является ИС К555ИР30 (рис. 5.16, *г*).

Особенность данной ИС заключается в том, что она позволяет адресовать каждый из восьми триггеров, которые входят в ее структуру. Для адресного кода предусмотрены три входа A_2, A_1, A_0. Информация (*0* или *1*) поступает на вход D', записывается в адресуемый триггер при $\bar{E} = 0$ и через 20...30 нс появляется на выходе.

Регистры сдвига представляют собой ряд последовательно соединенных двухступенчатых триггеров. Их определяет разрядность записываемого кода. По направлению сдвига записанной в регистр информации различают регистры прямого сдвига, т. е. вправо, в сторону младшего разряда; обратного сдвига, т. е. влево, в сторону старшего разряда, и реверсивные регистры, допускающие сдвиг в обоих направлениях.

Таблица 5.9. **Регистры сдвига**

Тип микросхемы	Число разрядов	Число входов-выходов	Направление сдвига	Средняя задержка, нс	Потребляемая мощность, мВт
К1500ИР141	8	8—8	Реверс	2,4	1070
К500ИР141	4	4—4	То же	4,3	655
К531ИР11П	4	4—4	»	18	675
К531ИР12П	4	4—4	Обратный	18	545
К531ИР24П	8	8—8	Реверс	22	1225
К1533ИР31	24	1—24	Обратный	35	200
К555ИР8	8	1—8	Прямой	32	135
К555ИР9	8	8—1	То же	40	180
К555ИР10	8	8—1	»	35	190
К555ИР11	4	4—4	Реверс	29	115
К555ИР16	4	4—4	То же	27	111
К155ИР1	4	4—4	»	35	410
К155ИР13	8	8—8	»	28	580
КВ4ИР1	4	4—4	Прямой	250	45
К134ИР8	8	1—8	То же	220	59
К561ИР2	4×2	1—4	Обратный	970	0,05
К561ИР6	8	8—8	То же	500	0,03
К561ИР9	4	4—4	»	360	0,03
К176ИР2	4×2	1—4	»	250	1,0
К176ИР3	4	4—4	Реверс	250	0,9
К176ИР4	64	1—1	Прямой	250	0,9

В табл. 5.9 приведены ИС регистров сдвига, входящих в состав наиболее популярных серий.

Микросхемы регистров отличаются не только направлением сдвига, но и числом разрядов, способом записи и считывания информации, быстродействием, энергопотреблением и другими показателями.

Шифраторы и дешифраторы

Шифратор (кодер) предназначен для преобразования напряжения высокого уровня на одном из входов в двоичный код, формируемый на выходах.

Число входов и выходов связано соотношением $m = 2^n$. Возможны варианты шифраторов, в которых кодируемый входной сигнал низкого уровня (например, К155УП31, К555ИВ1) (рис. 5.17).

Кодируемый сигнал низкого уровня поступает на один из входов $X_0...X_7$. На остальных входах должны быть сигналы высокого уровня (табл. 5.10).

На выходах $У_2$, $У_1$, $У_0$ формируется двоичный код, соответствующий тому входу, на котором находится напряжение низкого уровня. Таким образом, восьми разным позициям напряжения низкого уровня на входах соответствует семь различных комбинаций напряжений низкого и высокого уровня на выходах.

Микросхема шифратора имеет управляющий (стробирующий) вход V и два дополнительных выхода G и P. Сигналы на входе разрешают работу ИС в режиме кодирования ($V = 0$) или запрещают ($V = 1$). В случае запрета на всех выходах устанавливаются напряжения высокого уровня 1 независимо от сигналов на входах. На выходе P форми-

руется сигнал разрешения переноса информации с выходов шифратора $P = 1$. Сигнал запрещения переноса ($P = 0$) появляется тогда, когда на всех входах будут сигналы высокого уровня на выходе G. Сигналы с выходов G и P используют для управления ИС, которая принимает сигналы с выходов шифратора.

Некоторые шифраторы основную функцию реализуют с приоритетом кодируемого сигнала. Например, в шифраторе К155ИВ1 функция приоритета выполняется следующим образом. Если на входах шифра-

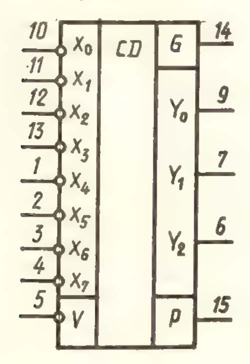


Рис. 5.17. Шифратор К155ИВ1 (К555ИВ1)

Таблица 5.10.

X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$У_2$	$У_1$	$У_0$	G	P
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

тора появляется несколько сигналов низкого уровня, то приоритетом обладает сигнал низкого уровня, находящийся на входе со старшим номером. Это означает, что двоичный код на выходе будет соответствовать этому сигналу низкого уровня. Например, при комбинациях входных сигналов 11110111, 00000111, 10100111, записанных в порядке, принятом в табл. 5.10, результат будет один: на выходе во всех случаях будет сформирован код 011, поскольку приоритетом обладает нулевой сигнал на входе X_4. Микросхемы шифраторов разных серий и их основные параметры приведены в табл. 5.11.

Дешифратор (декодер)

Дешифратор преобразует элементный параллельный код на входах в сигнал высокого уровня или низкого уровня на одном из выходов. Дешифратор называют полным, если число выходов равно числу воз-

можных комбинаций входных сигналов, т. е. $n = 2^m$. Неполный дешифратор имеет меньшее число выходов. Микросхемы дешифраторов разных серий (табл. 5.11) отличаются быстродействием, энергопотреблением,

Таблица 5.11. **Основные параметры микросхем дешифраторов**

Тип микросхемы	Число входов-выходов	Средняя задержка, нс	Напряжение питания, В	Потребляемая мощность, мВт	Наличие стробирующего входа
			Шифраторы		
К500ИВ165	8—3	18	—5,2	730	+
К155ИВ1	8—3	19	5,0	300	+
К555ИВ1	8—3	55	5,0	100	+
К555ИВ3	8—3	32	5,0	95	—
			Дешифраторы		
К1500И170	2×3—8	3	—4,5	518	+
К500И161	3—8	6	—5,2	650	+
К500И162	3—8	6	—5,2	650	+
К531И711	3—8	12	5,0	370	+
К531ИД1411	2 (2—4)	12	5,0	450	+
К155ИД1	4—10	—	5,0	132	—
К155ИД10	4—10	—	5,0		—
К155ИД4	2—2×4	32	5,0	200	+
К555ИД4	2—2×4	28	5,0	50	+
К555ИД6	4—10	27	5,0	65	—
К555ИД10	4—10	27	5,0	65	—
К555ИД7	3—8	31	5,0	50	+
К155ИД3	4—16	35	5,0	280	+
К134ИД3	4—16	70	5,0	125	+
К134ИД6	4—10	350	5,0	40	+
К561ИД1	4—10	580	3...15	0,1	—
564ИД1	4—10	580	3...15	0,1	—
К176ИД1	4—10	350	9	0,9	—

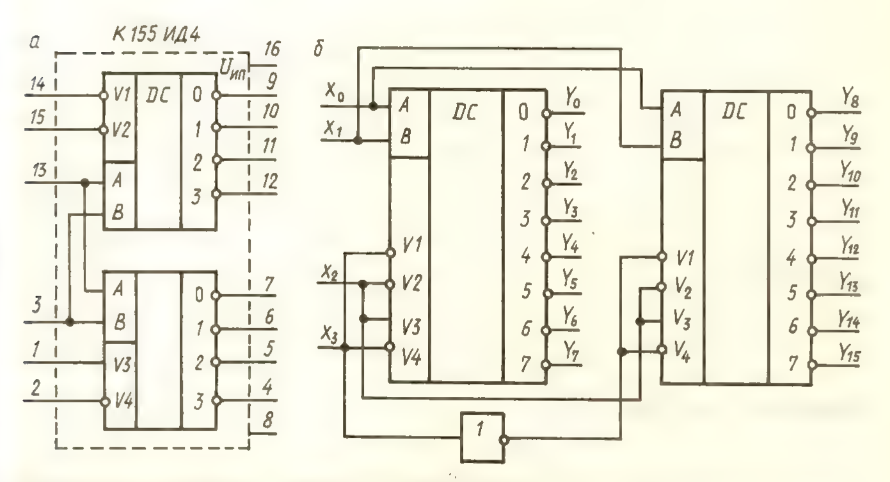


Рис. 5.18. Дешифратор К155ИД4 (К555ИД4) *(а)* и способ соединения двух дешифраторов для увеличения разрядности *(б)*

числом выходов, наличием или отсутствием стробирующего (управляющего) входа. Сигнал на этом входе разрешает или запрещает выполнение микросхемой операции дешифрования. Например, ИС сдвоенного двухразрядного дешифратора низкого уровня К155ИД4, К555ИД4 (рис. 5.18) имеет по два стробирующих входа $\overline{V}_1$, $\overline{V}_2$, V_3, $\overline{V}_4$ в каждом дешифраторе. Одноименные информационные входы *A*, *B* внутри ИС соединены. Входные сигналы можно дешифровать либо первым (при $\overline{V}_1 = \overline{V}_2 = 0$, $V_3 = 0$, $\overline{V}_4 = 1$), либо вторым ($\overline{V}_1 = \overline{V}_2 = 1$, $V_3 = 1$, $\overline{V}_4 = 0$) дешифратором. При объединении управляющих входов одной ИС по схеме на рис. 5.18, *б* получают дешифратор трехразрядного двоичного кода. При этом сохраняется один стробирующий вход, что позволяет выполнить еще один шаг наращивания разрядности дешифратора до четырех. Для этого нужно соединить две ИС так, чтобы одноименные информационные входы были соединены между собой, а управляющие входы ИС — через инвертор (рис. 5.18, *б*).

5.2. УСТРОЙСТВА ИНДИКАЦИИ

Устройства индикации визуально определяют состояние логического элемента, цифровую информацию счетчиков, запоминающих и других устройств. В качестве индикаторов в современной радиоэлектронной аппаратуре используются полупроводниковые (ППИ), вакуумные люминисцентные (ВЛИ), вакуумные накальные (ВНИ), газоразрядные (ГРИ) и жидкокристаллические (ЖКИ) индикаторы.

Некоторые индикаторы, например ППИ, ЖКИ, ГРИ, выпускаются со встроенными устройствами согласования и управления, позволяющими непосредственно подключать индикаторы к выходам микросхем счетчика. Однако абсолютное большинство индикаторов требуют согласования с выходами микроэлектронных устройств по токам, напряжениям и кодам. В качестве согласующих элементов, входящих совместно с индикаторами в устройства индикации, широко применяются цифровые микросхемы преобразователей, согласователей нагрузок, коммутаторов и т. п.

Наиболее распространены ИС, предназначенные для преобразования двоично-десятичного кода в код семисегментных знакосинтезирующих индикаторов: К120ПР1, К133ПП4, К161ПР1, К161ПР2, К161ПР3, К176ИД2, К176ИД3, К176ИЕ3, К176ИЕ4, К514ИД1, К514ИД2, К514ИД4, К514ПР1, К564ИК2, К564ИД5 и др. Некоторые из них могут работать с индикаторами непосредственно, без применения дополнительных элементов. Например, К176ИД2 с ППИ, К161ПР2 с ВЛИ, К564ИД5 с ЖКИ и т. п.

Большинство же ИС требуют согласующих цепей, построенных на транзисторах, дополнительных источников питания.

Ряд ИС преобразуют двоично-десятичный код в десятичный, необходимый для управления ГРИ: К155ИД1, К176ИД1, К176ИЕ8, К555ИД10, К564ИД1 и др.

Для управления шкальными ППИ используются преобразователи двоично-десятичного кода в код шкальных индикаторов: К133ИД15, К133ИД16, К514ИД3 и др. Применяют также аналого-кодовые преобразователи, например К1003ПП1. Имеются микросхемы согласователей нагрузок для ППИ, ВНИ и ВЛИ: К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3 и др. Для преобразования уровней микросхем КМДП (на комплемментарных МДП-транзисторах) в уровни ЖКИ применяется ИС К564УМ1.

Двоичный код в позиционный код матрицы ВЛИ преобразуется с помощью ИС К120ХЛ1. Для управления матрицей 8 × 8 ППИ предназначен регистр сдвига с формирователем К514ИР2. Для управления матричным ГРИ могут использоваться коммутаторы К1109 (21...24) и др.

Примеры управления различными типами индикаторов

Полупроводниковые индикаторы применяют в виде отдельных светодиодов, сегментных знакосинтезирующих индикаторов, шкальных индикаторов. Эти индикаторы имеют низкие напряжения питания (1,5...3 В), токи отдельных светодиодов или сегментов составляют 2...30 мА. Светодиоды могут включаться на выход логических микросхем. Микросхемы с открытым коллектором и повышенной нагрузочной способностью: К155ЛП9, К155ЛА7, К155ЛИ15, К155ЛЛ2, К155ЛА18, К555ЛА7, К555ЛИ2, К555ЛИ4, К555ЛЛ3, К531ЛА7П, К555ЛА13 и др.

Примеры включения светодиодов на выход логических микросхем показаны на рис. 5.19, *а, б*. Согласование счетчиков со знакосинтезирующими полупроводниковыми индикаторами, большинство которых имеет семь стандартно расположенных сегментов (рис. 5.19, *в*), связано с необходимостью преобразования двоично-десятичного кода счетчика в код управления семисегментным индикатором. Такое преобразование может осуществляться на логических элементах (рис. 5.19, *в*).

Для сопряжения сегментных индикаторов со счетчиками ТТЛ ИС используют микросхемы К514ИД1, К514ИД2, К514ИД4. Они представляют собой преобразователи двоично-десятичного кода в код управления семисегментным индикатором. Микросхемы К514ИД1 и К514ИД4 имеют открытые эмиттерные выходы и резисторы в коллекторных цепях. Они используются для управления индикаторами с общим катодом без внешних резисторов. Микросхема К514ИД2 имеет открытые коллекторные выходы и используется с индикаторами, имеющими общий анод. При этом требуется применение внешних резисторов. Допустимый ток микросхемы по каждому выходу — 22 мА. Устройство индикации на базе ИС К514ИД2 показано на рис. 5.20, *а*.

Управление полупроводниковыми индикаторами в устройствах на КИДП ИС может осуществляться ИС К176ИЕ3 и К176ИЕ4, представляющими собой сочетание счетчика по модулю шесть (первая ИС) и десять (вторая ИС) и кодопреобразователя двоичного кода в код управления семисегментными индикаторами. Схемы управления семисегментными индикаторами с общим катодом и общим анодом показаны на рис. 5.20, *б, в*. Управляющие сигналы (напряжение низкого уровня — не более 0,3 В, напряжение высокого уровня — не менее 8,2 В) подаются на вход *С*. Установка нуля осуществляется подачей напряжения высокого уровня на вход *R*. На выходах *А...Д* формируются выходные сигналы, обеспечивающие индикацию цифр от 0 до 9, в соответствии с числом, записанным в счетчике. В микросхеме К176ИЕ4 предусмотрено управление инверсией выходных сигналов через вход *S*: при подаче напряжения низкого уровня состояние счетчика определяется напряжением высокого уровня на выходах *А...Д*, при подаче напряжения высокого уровня — напряжением низкого уровня. Транзисторы *VT1...VT7* и резисторы $R_1...R_7$ служат для обеспечения допустимой нагрузки на выходе ИС и регулировки токов сегментов. Вместо дискретных транзисторов в схеме на рис. 5.20, *б, в* могут быть применены микросхемы К176ПУ1, К176ПУ2, К176ПУ3.

Индикаторы с токами сегментов менее 5 мА могут включаться на выходы ИС К176ИЕ3 и К176ИЕ4 непосредственно. Большой нагрузочной способностью обладает микросхема К176ИД2, позволяющая непосредственно подключать такие индикаторы, как АЛ305А, АЛС321,

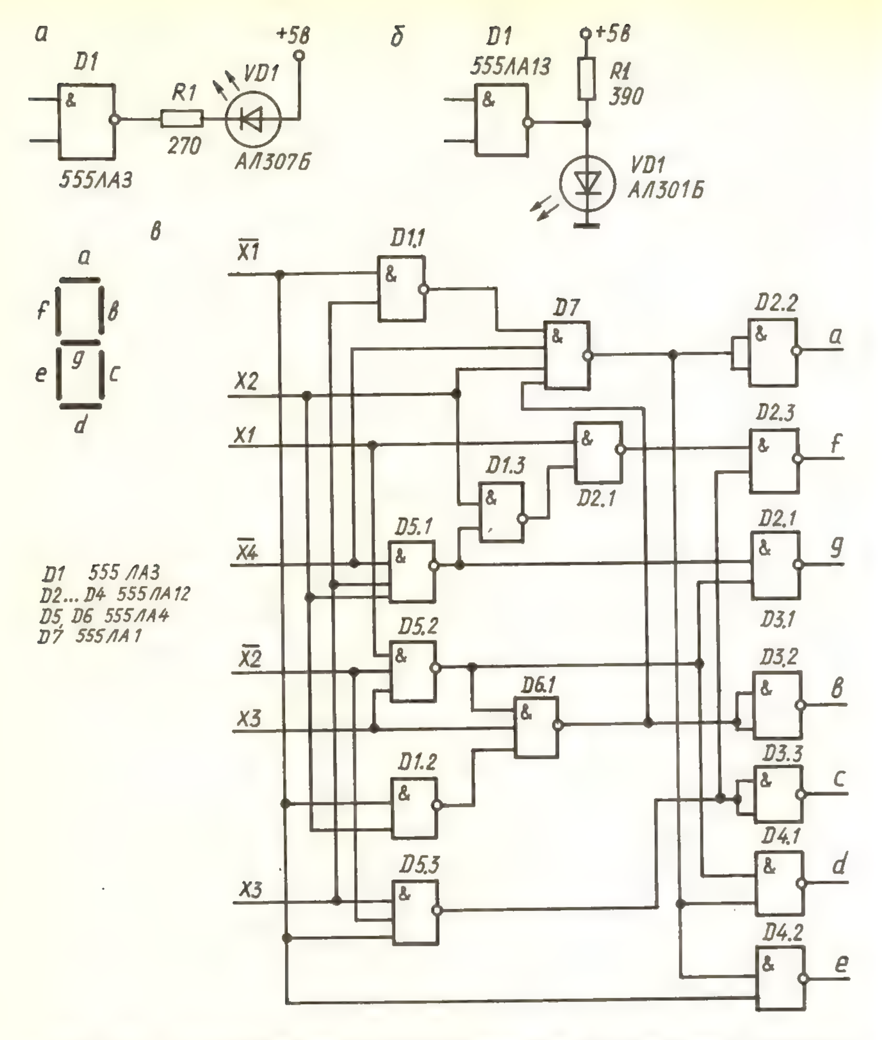


Рис. 5.19. Схемы управления полупроводниковыми индикаторами с использованием ИС логических элементов:

а — включение светодиода при подаче напряжения высокого уровня; *б* — при подаче напряжения низкого уровня; *в* — схема преобразования кодов для управления семисегментным индикатором

АЛС324 и др. Пример управления индикатором АЛ305А приведен на рис. 5.20, *г*. Управляющий код подается на входы *1*, *2*, *4*, *8*. Через вход *S* можно управлять инверсией выходных сигналов. Вход *K* используется для разрешения индикации: при подаче напряжения высокого уровня — гасится индицируемый знак, при напряжении низкого уровня — разрешается индикация. Вход *C* управляет работой триггеров памяти на входе ИС: при подаче напряжения высокого уровня триггеры превращаются в повторители и не влияют на работу ИС, при подаче напряже-

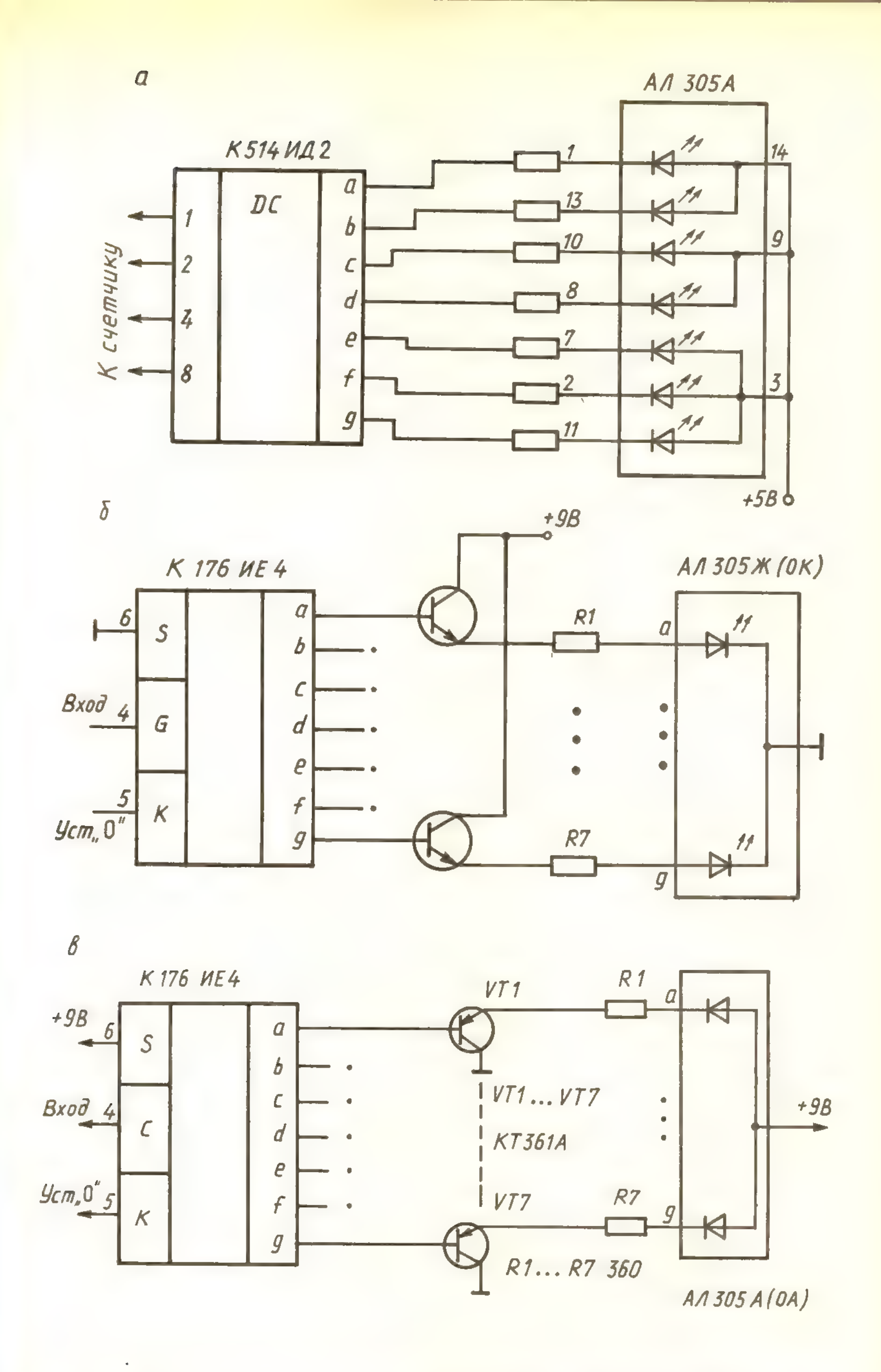
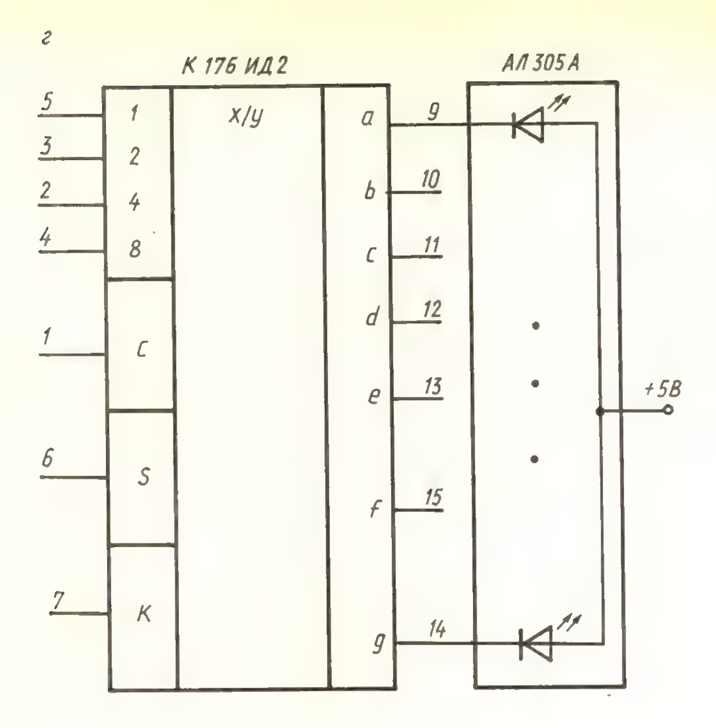


Рис. 5.20. Схемы управления полупроводниковыми семисегментными индикаторами



д

К 564 ИД5

16 +5В

3ЛС324Б

1 5 2^0

2 3 2^1

4 2 2^2

8 4 2^3

+5В 6 P

+5В 1 C

a 9, b 10, c 11, d 12, e 13, f 14, g 15

R1, R7

+5В

R1…R7

240

7 9

Рис. 5.20.

ния низкого уровня сигналы на входах запоминаются и далее на изменение входных сигналов микросхема не реагирует.

Для управления полупроводниковыми индикаторами в устройствах на ИМДП ИС используются также дешифраторы двоичного кода в код управления семисегментным индикатором — микросхемы К564ИД4, К564ИД5. Эти ИС предназначены в основном для управления жидкокристаллическими индикаторами. Однако они могут применяться и с другими типами индикаторов.

Микросхема И564ИД5 имеет в отличие от К564ИД4 входной регистр. Схема устройства индикации показана на рис. 5.20, *д*.

Рассмотренные схемы показывают способы управления одноразрядными индикаторами. Для управления многоразрядными устройствами применяют микросхему типа К564ИК2. Она предназначена для работы с пятиразрядными семисегментными полупроводниковыми индикаторами.

Для управления шкальными индикаторами могут использоваться те же микросхемы, что и для отдельных светодиодов. Например, управление индикатором типа АЛС362Ж показано на рис. 5.21, *а*.

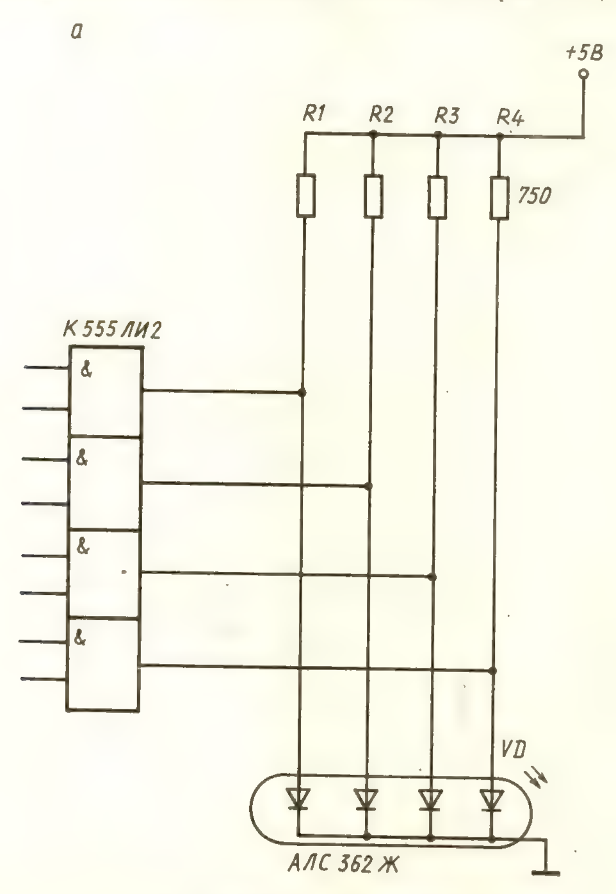


Рис. 5.21. Схемы управления шкальными индикаторами на светодиодах

Широкие возможности управления шкальными индикаторами обеспечивают микросхемы К1003ПП1, К1003ПП2, К1003ПП3. В них имеется аналого-кодовый преобразователь, который в зависимости от входного напряжения высвечивает соответственно столбик на шкалах из 12, 16 диодов или одну точку из десяти диодов. Входное напряжение составляет 0...6 для К1003ПП1 и К1003ПП2 и 0...24В для К1003ПП3. Токи нагрузки на входах не более 12 мА. Пример включения микросхемы К1003ПП1 показан на рис. 5.21, *б*.

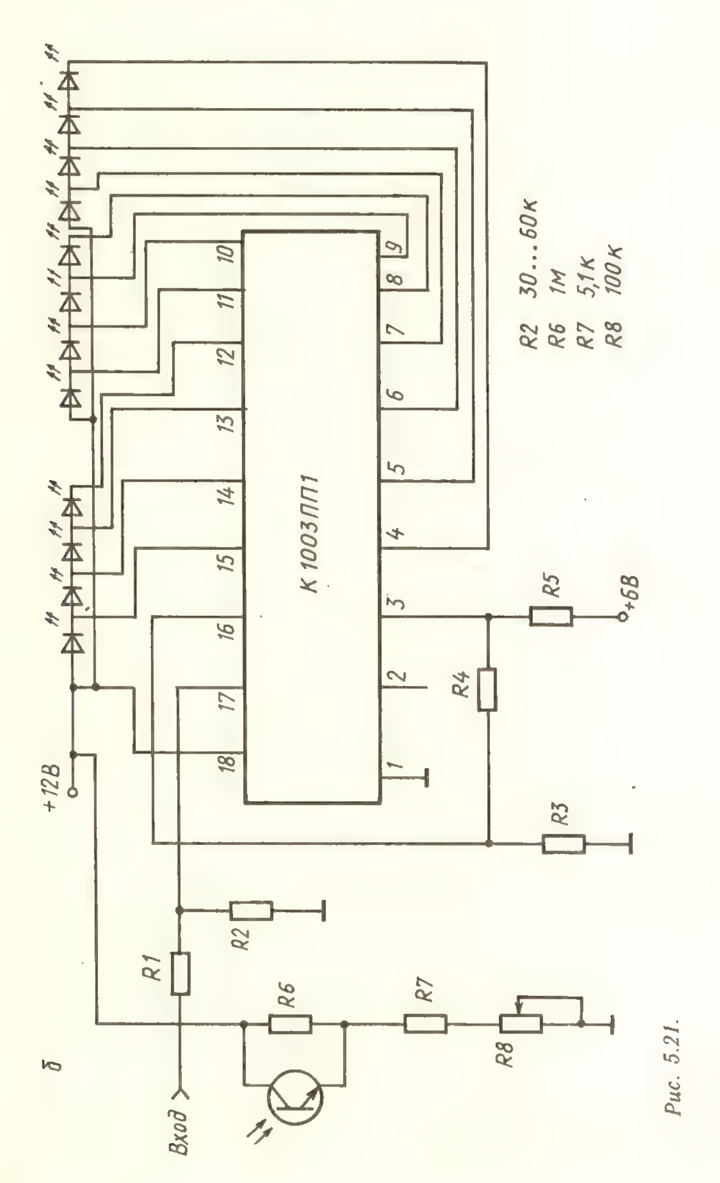


Рис. 5.21.

Вакуумные накальные индикаторы (ВНИ) — лампы накаливания и знакосинтезирующие индикаторы. Такие индикаторы работают при напряжениях 3...5 В и токах 17...40 мА на сегмент. По параметрам они близки к полупроводниковым. Возможные варианты включения ламп накаливания показаны на рис. 5.22. На рис. 5.22, *а* используется общий источник питания с ИС. В схемах (рис. 5.22, *б, в*) для питания ламп напряжением 12 В, в первом случае *(б)* используется высоковольтный

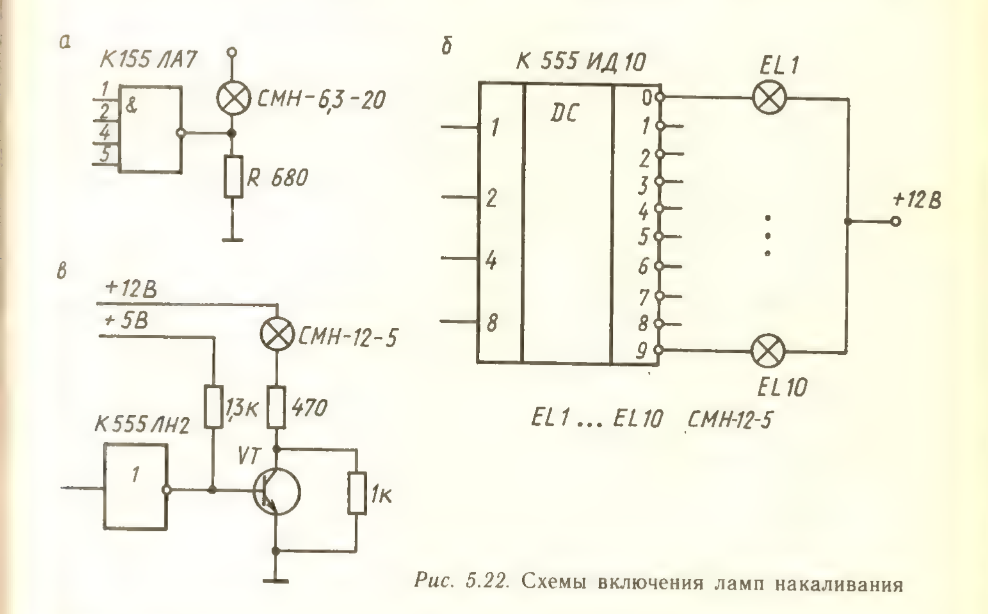


Рис. 5.22. Схемы включения ламп накаливания

выход дешифратора с открытым коллектором, во втором случае *(в)* — для согласования с другим источником питания — ключ на транзисторе.

Устройства управления знакосинтезирующими ВНИ подобны устройствам управления полупроводниковыми индикаторами. Если же индикатор потребляет больший ток, для согласования могут использоваться дискретные транзисторы или транзисторные сборки, например 1НТ251А, имеющая допустимый ток 400 мА.

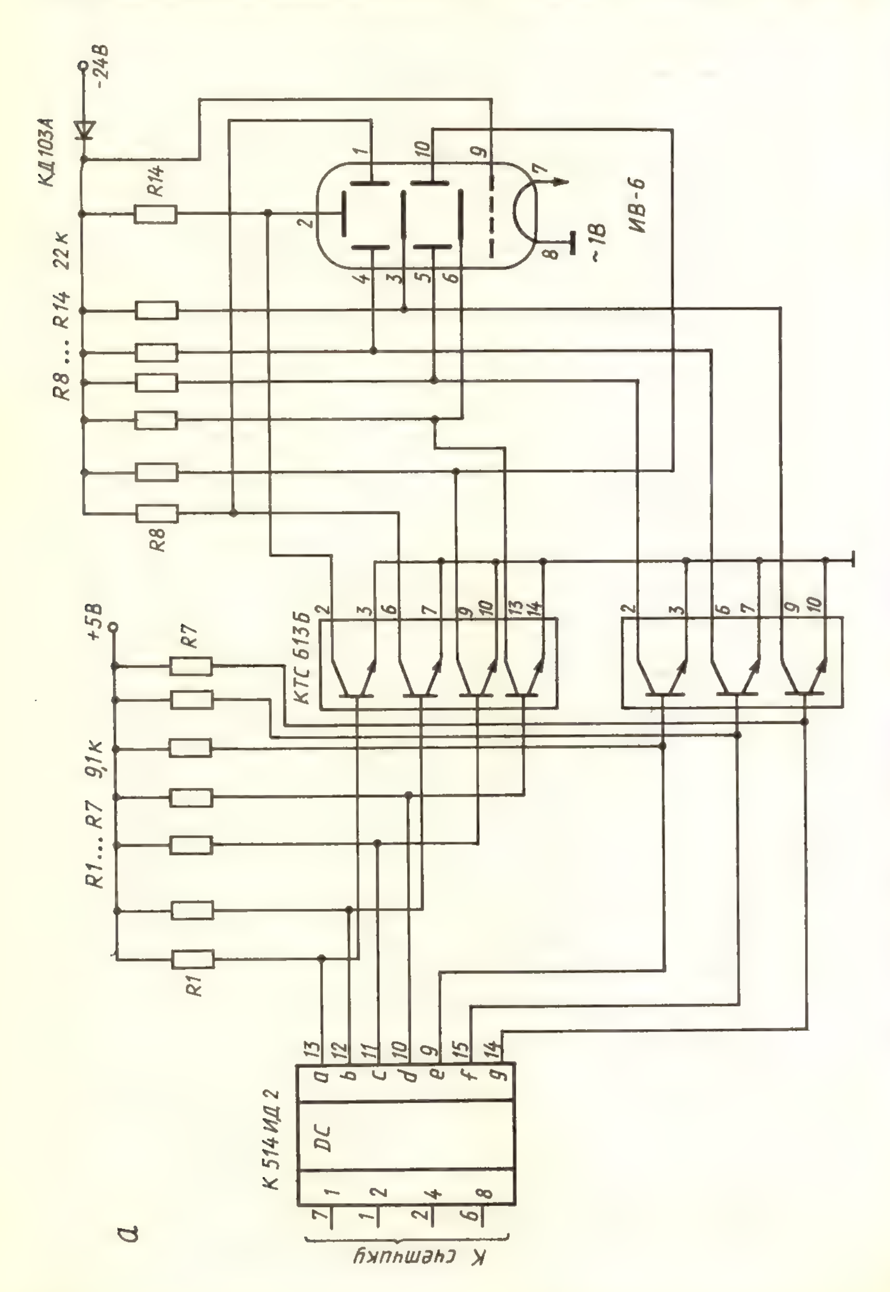
Вакуумные люминесцентные индикаторы (ВЛИ) — это семисегментные и матричные знакосинтезирующие индикаторы. Они работают при напряжениях 10...30 В и токах сегментов до десятков миллиампер.

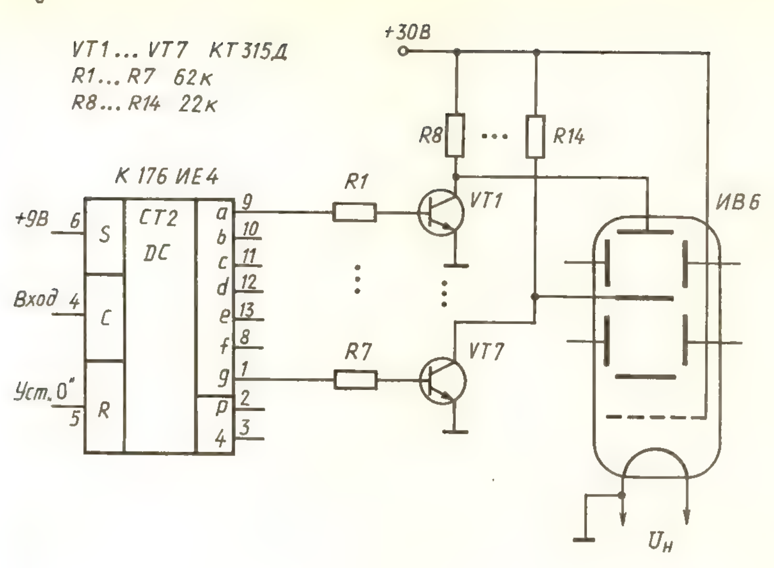
Для согласования ВЛИ с микросхемами ТТЛ можно использовать преобразователь К514ИД2 (см. рис. 5.23, *а*). В этой схеме для согласования напряжений ИС с индикатором используются транзисторные сборки КТС613Б. Сегменты индикатора начинают светиться при напряжении низкого уровня выходного сигнала микросхемы. Резисторы *R8...R14* служат для регулировки тока сегментов.

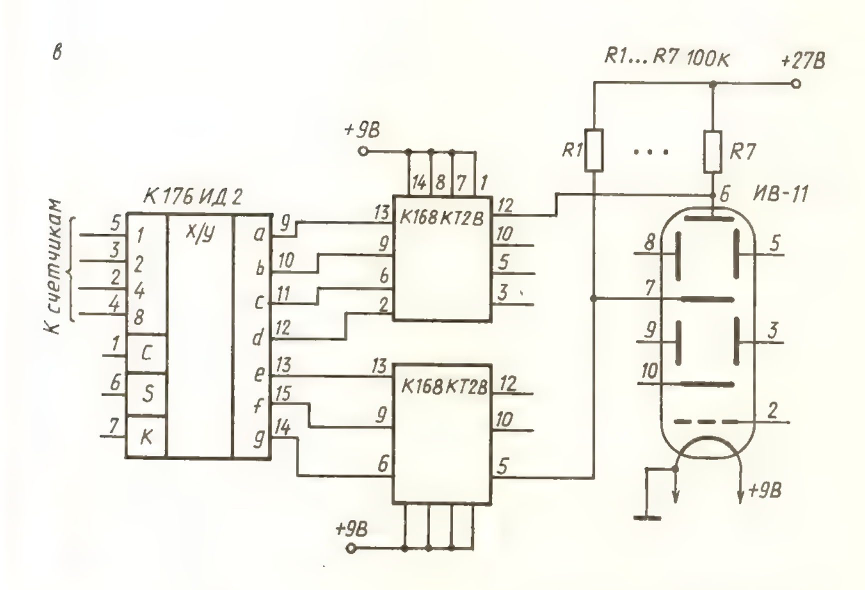
Для управления ВЛИ в микроэлектронной аппаратуре на микросхемах КМДП может использоваться ИС К176ИЕ4. Схема управления показана на рис. 5.23, *б*. Яркость свечения можно регулировать подбором напряжения питания. Транзисторы и резисторы служат для согласования нагрузки по напряжению и допустимым токам на выходах ИС.

Схема согласования К176ИД2 (К176ИЕ3, К176ИЕ4) с ВЛИ при

использовании МДП-транзисторов с индуцированным каналом, входящих в состав ИС коммутаторов К168КТ2В, показана на рис. 5.23, *в*. Для непосредственного управления ВЛИ можно использовать ИС К564ИД5 и К176ИД3. Микросхема К176ИД3 аналогична К176ИД2, но ее выходные каскады выполнены с открытым стоком. Пример непо-







средственного включения индикатора на выход преобразователя К564ИД5 в устройствах на ИМДП ИС приведен на рис. 5.23, *г*.

Для управления ВЛИ используют ИС К161ПР1, К161ПР2, К161ПР3. Эти микросхемы выполняют функции преобразования входного двоично-десятичного кода в код семисегментного индикатора, согласования уровней напряжения ИС и индикатора, запоминания входной информации (К161ПР2). Пример использования преобразователя К161ПР2

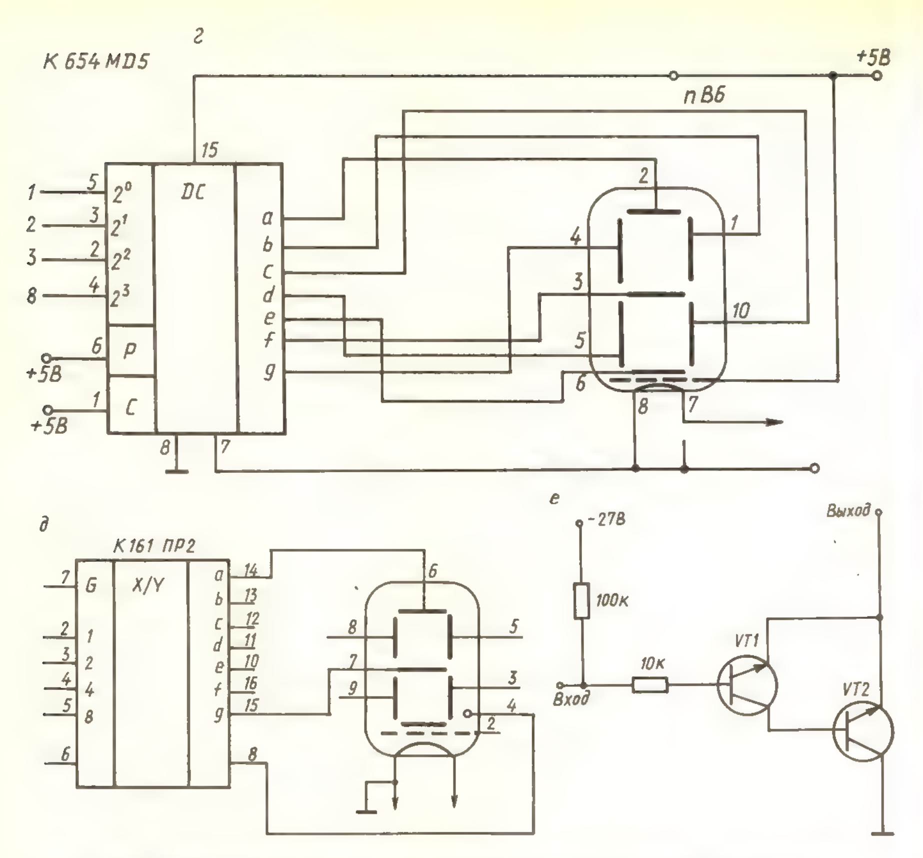


Рис. 5.23. Схемы управления вакуумными люминесцентными индикаторами

для управления индикатором ИВ-11 показан на рис. 5.23, *д*. Информация, записанная в ИС при подаче напряжения высокого уровня на вход *G*, запоминается в регистре. Формируемые цифры появляются на индикаторе при подаче входных сигналов от счетчика. Запятая высвечивается при подаче напряжения высокого уровня на вывод *6*. В данной схеме допускается непосредственно подключать индикатор к ИС, поскольку ток сегмента не превышает нагрузочную способность ИС (0,9 мА). Если токи сегментов превышают допустимую нагрузку ИС, для согласования используют этишшерный повторитель (рис. 5.23, *е*), имеющий входной ток до 0,1 мА, а выходной — до 10 мА, что достаточно для управления ВЛИ.

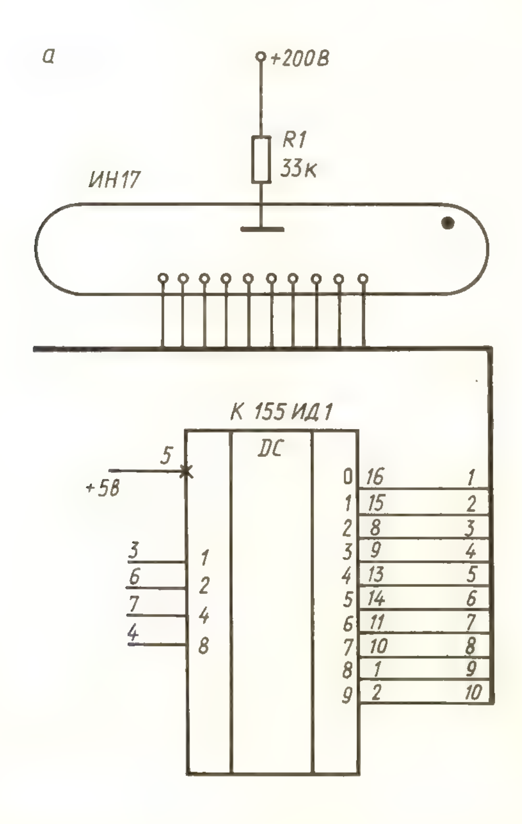
Газоразрядные индикаторы имеют повышенное напряжение питания (до 250 В), токи составляют 0,05...1 мА на знак. У большинства таких индикаторов форма катода выполнена в виде цифры, знака, символа и т. п. Цифровые индикаторы обычно имеют десять знаковых входов.

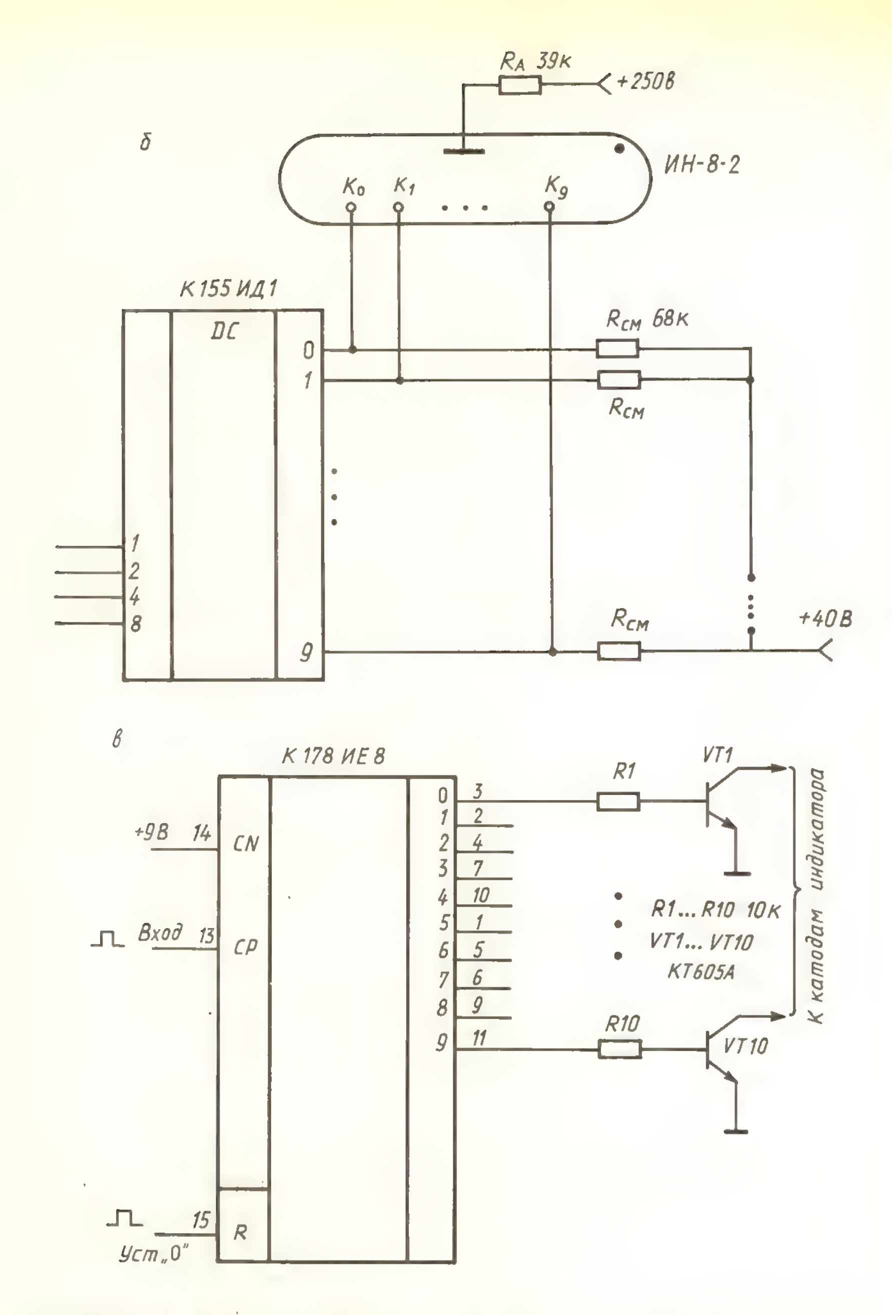
Счетчики ИС ТТЛ наиболее просто согласуются с помощью высоковольтного дешифратора К155ИД1. На выходе микросхемы включены транзисторы с открытым коллектором, имеющие рабочее напряжение не менее 60 В.

Пример устройства индикации с использованием К155ИД1 показан на рис. 5.24, *а*. Резистор *R1* служит для регулировки тока анода.

Вариант более совершенной схемы, имеющей цепи смещения, показан на рис. 5.24, *б*. Положительное напряжение смещения подается на выходы дешифратора через резисторы $R_{см}$ и исключает возникновение паразитного свечения на неиндицируемых катодах. При появлении на выходе дешифратора напряжение низкого уровня на соответствующем катоде возникает разряд. Ток через индикатор регулируется резистором $R_а$. Для управления газоразрядными индикаторами в устройствах на КМДП ИС может применяться микросхема К176ИЕ8. В ее состав входит десятичный счетчик и дешифратор. Для согласования с индикатором применяются ключи на *n-p-n*-транзисторах, входящих в сборки К168НТ1 или дискретные транзисторы. Пример схемы управления приведен на рис. 5.24, *в*. Вход *CP* применяется как счетный при подаче положительных импульсов (при этом на входе *CN* должно быть напряжение высокого уровня). Вход *CN* используется при подаче отрицательных импульсов (при этом на входе *CP* должно быть напряжение низкого уровня). Вход *R* служит для установки ИС в нулевое состояние при подаче на этот вход напряжения высокого уровня.

Многоразрядные знакосинтезирующие (ГРИ) в мультиплексном режиме управляются как по катодам-сегментам, соединенным параллельно во всех разрядах, так и по анодам. Аноды управляют зажиганием необходимого разряда. Схема управления восьмиразрядным





индикатором ГИП-11 показана на рис. 5.24, *г*. Сигналы с преобразователя двоично-десятичного кода К155ПП4 через согласующие транзисторы сборки К166НТ1 подаются параллельно на соответствующие катоды индикаторов всех разрядов. Управление зажиганием нужного разряда осуществляется с помощью дешифратора-мультиплексора К555ИД4.

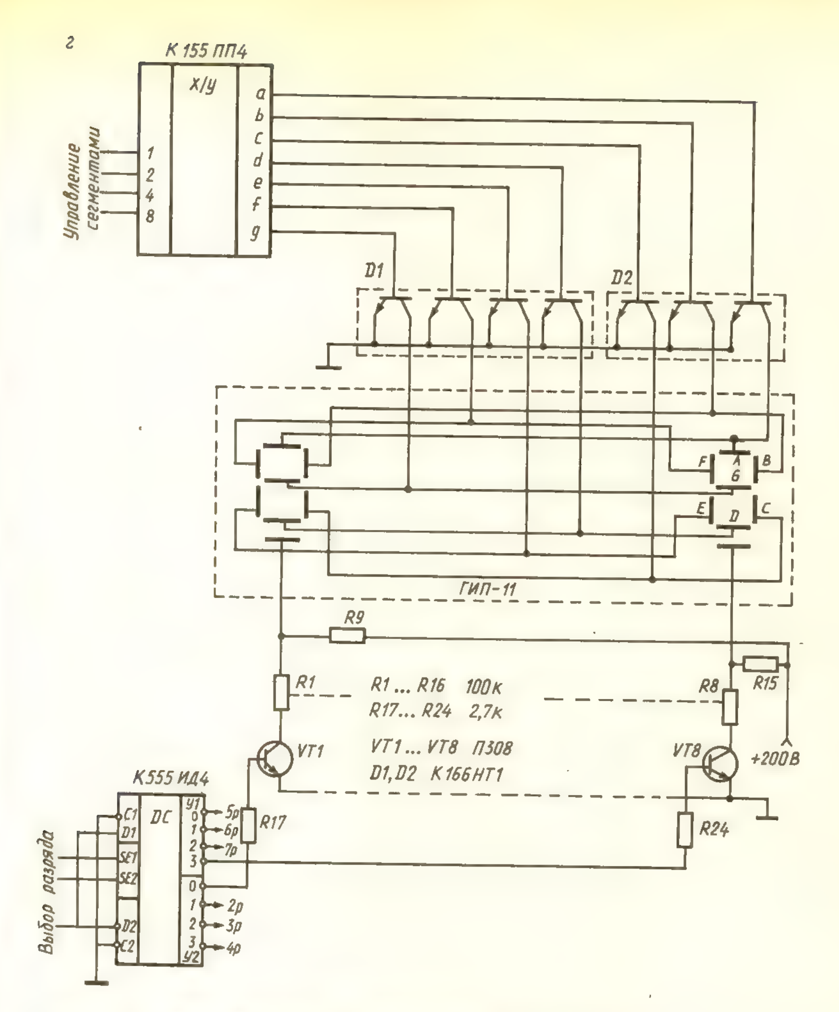


Рис. 5.24. Схемы управления газоразрядными индикаторами

Его выходы соединены с базами транзисторов *VT1...VT8*. При подаче на вход дешифратора тактирующего кода *1, 2, 4* на одном из его выходов появляется напряжение низкого уровня, которое закрывает соответствующий транзистор. На коллекторе закрытого транзистора появляется напряжение, почти равное напряжению источника питания, которое и создает условия для зажигания нужного разряда.

Жидкокристаллические индикаторы (ЖКИ) имеют низкие напряжения питания (3...156) и очень малые потребляемые токи (до 15 мкА). Они обычно используются в устройствах с автономными источниками питания и экономичными микросхемами. Управление ими осуществляется с помощью переменных напряжений (постоянная составляющая не должна быть более 50 мВ). При питании постоянными напряжениями срок службы сокращается.

Для управления ЖКИ широко используется фазоимпульсный способ. Пример устройства управления на базе микросхемы К176ИЕ4 приведен на рис. 5.25, *а*.

На вход *6* ИС, обеспечивающий инверсию выходного сигнала, и общий электрод индикатора подается последовательность импульсов возбуждающего напряжения $U_{в}$.

Выходной сигнал ИС, например управляющий сегментом *a*, определяется выражением $A = a\bar{U}_{в} + \bar{a}U_{в}$, где $a = 0$, если сегмент не должен

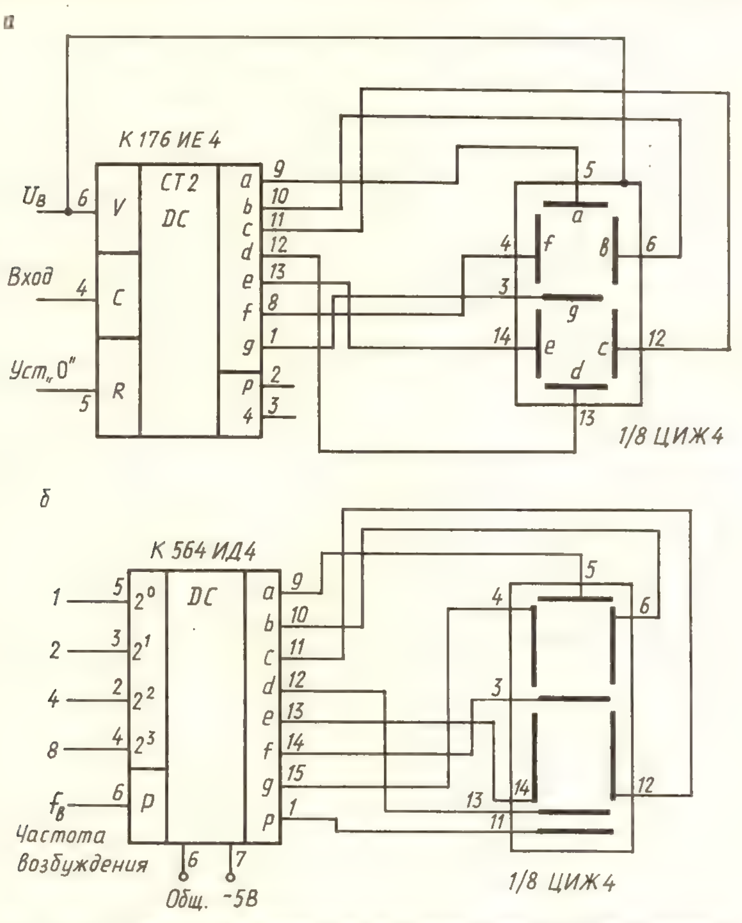


Рис. 5.25. Схемы управления жидкокристаллическими индикаторами

быть виден, и $a = 1$, если сегмент должен быть виден. При $a = 0$ ($\bar{a} = 1$), $A = \bar{U}_{в}$ перепад напряжений между сегментом и общим электродом равен нулю, при этом сегмент не виден. При $a = 1$ ($\bar{a} = 0$) $A = \bar{U}_{в}$, т. е. на сегмент подается последовательность импульсов с противоположной фазой по отношению к импульсам на общем электроде. Перепад напряжений на выходе между сегментом и общим электродом

в данном случае в 2 раза превышает амплитуду импульсов и вызывает потемнение сегмента. Для обеспечения нормальной работы частота $U_в$ должна составлять 50...500 Гц при амплитуде импульсов 8...10 В.

При использовании микросхем К564ИД5, К564ИД4 для управления ЖКИ не требуются дополнительные элементы, т. к. каждая ИС выдает на выходе импульсные сигналы ±5 В.

Пример схемы управления на микросхеме К564ИД4 показан на рис. 5.25, *б*.

Электролюминесцентные индикаторы требуют высоких напряжений питания (до 250 В) частотой 400...1000 Гц при токах 0,5...1 мА. Для коммутации высоких напряжений могут быть использованы микросхемы оптронов. Они осуществляют гальваническую развязку низковольтной управляющей цепи (с выхода дешифратора) и высоковольтной цепи управления индикатором.

5.3. МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ

Мультиплексор — это управляемый кодом коммутатор, предназначенный для коммутации одного из m-входов (каналов) на выход. Входы мультиплексоров, m-информационных и k-управляющих, находятся в следующем соответствии: $m = 2^k$. Выход обычно один, он может быть прямым и инверсным. Но иногда предусмотрены оба выхода для парафазного представления сигнала.

В магнитофонах-приставках при коммутации стереосигнала используются два выхода (левый и правый каналы). Примером системы входных, выходных и управляющих сигналов может служить работа мультиплексора типичного варианта в виде микросхем К531КП2П, К555КП2, К155КП2. Эти ИС совместимы по всем параметрам. У них один тип корпуса и одинаковая разводка выводов (рис. 5.26).

Мультиплексор состоит из двух частей, каждая из которых содержит

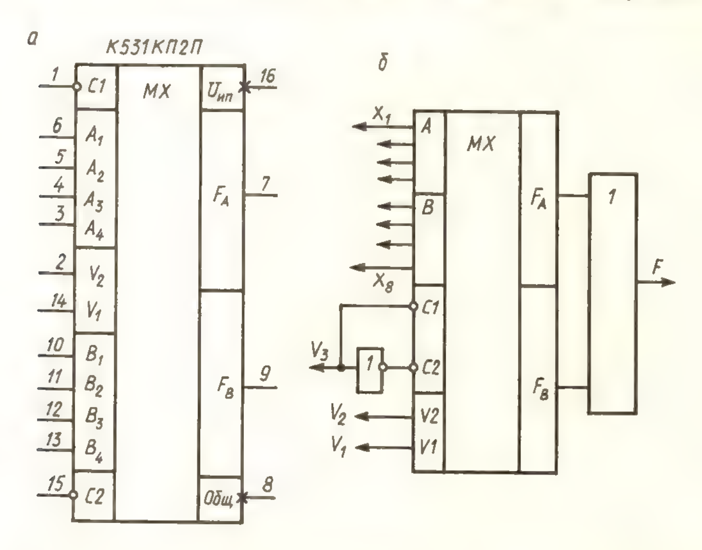
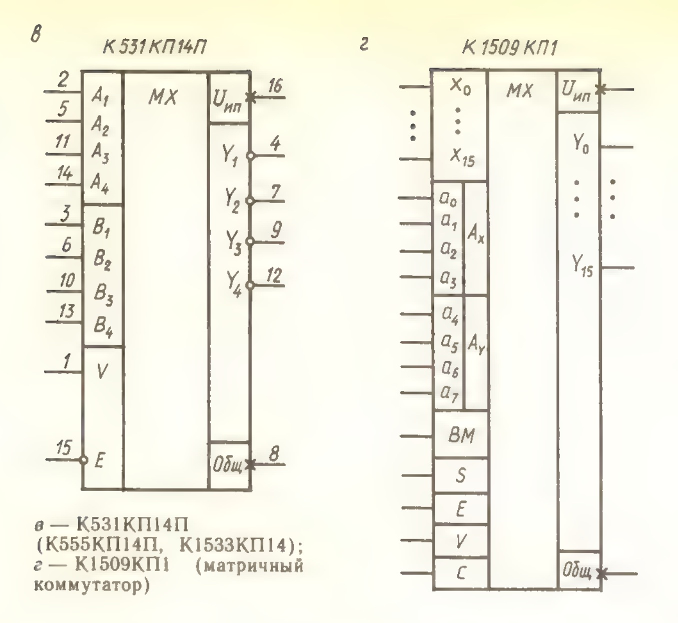


Рис. 5.26. Микросхемы мультиплексоров:
а — К531КП2П (К555КП2); *б* — способ увеличения числа каналов;



в — К531КП14П (К555КП14П, К1533КП14); *г* — К1509КП1 (матричный коммутатор)

четыре канала: *A1...A4* и *B1...B4*; стробирующий вход (инверсный) C_1, C_2, один выход F_A и F_B каждой части. Управляющие входы V_2, V_1 являются общими, т. е. сигналы на этих входах оказывают одновременное воздействие на обе части ИС. Правила работы мультиплексора показаны в табл. 5.12.

У ИС с выходом на три состояния при отсутствии разрешающего сигнала на стробирующем входе выход переходит в состояние «отключено», поэтому выходы таких ИС можно объединять по схеме *«ИЛИ»*.

Быстродействие мультиплексоров зависит от типа коммутирующих элементов, их режима. Наибольшим быстродействием обладают мультиплексоры серий К1500, К500, 100, наименьшим — мультиплексоры маломощных серий, например К134 и К561, 564 (табл. 5.13). Для увеличения числа каналов объединяют несколько мультиплексоров, используя для этой цели стробирующие входы (рис. 5.26,*б*). Здесь два четырехканальных мультиплексора (рис. 5.26,*а*) объединены в восьмиканальную схему, в которой из двух стробирующих входов образован третий управляющий вход V_3. Выходы объединены логическим элементом. Отдельную группу составляют мультиплексоры, каналы которых состоят из нескольких, например четырех, разрядов: К531КП11П, К555КП14 и др. Особенностью многоразрядных мультиплексоров является то, что на выход коммутируют не единичный сигнал, а группу сигналов, т. е. кодовую комбинацию. Такие ИС имеются в сериях 530, К531, К555, К1533 в двух вариантах исполнения: с прямыми выходами (К531КПП, К555КП11П, К1533КП11) и с инверсными (К531КП14П, К555КП14П, К1533КП14). Указанные ИС имеют выходы на три состояния, единую систему разводки выводов в корпусе, одинаковое напряжение питания и уровни сигналов *0* и *1*. Мультиплексор, приведенный на рис. 5.26,*в*, имеет два четырехразрядных канала *A* и *B*, четырехразрядный выход *V* и два управляющих входа *E* и *V*. Сигнал на входе определяет режим работы ИС: при $\bar{E} = 1$ входы блокированы, а выходы принимают третье состояние, при $\bar{E} = 0$ ИС пере-

Таблица 5.12

Стробирующий вход C_1, C_2	Управляющие входы V_2, V_1		Выход F_A	Выход F_B
1	2		3	4
0	0	0	A_1	B_1
0	0	1	A_2	B_2
0	1	0	A_3	B_3
0	1	1	A_4	B_4
1	X	X	0	0

Примечание. X — любое значение: 0 или 1.

Таблица 5.13. **Мультиплексоры**

Тип микросхемы	Число каналов	Задержка, нс	Потребляемая мощность, мВт	Напряжение питания, В	Наличие стробирующего входа	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
К1500КП164	16	2,6	440	−4,5	—	
К1500КП163	8×2	1,9	690	−4,5	—	Два восьмиканальных мультиплексора
К155КП1	16	17	390	5,0	+	
К1509КП1	16×16	100	800	5,0	+	
К500ИД164	8	8	650	−5,2	—	
К531КП7П(КП15)	8	7	350	5,0	+	Выход на три состояния
К555КП7(КП15)	8	24	50	5,0	+	То же
К155КП5(КП7)	8	17	215	5,0	−(+)	
К134КП10	8	275	33	5,0	—	
К561КП2, 564КП2	8	600	0,15	3...15	+	
К590КН1	8	1000	15	−15, +5,0	+	
К561КП1, 564КП1	4×2	600	0,15	3...15	+	
К1500КП171	4×3	1,7	513	−4,5	+	
К531КП2П	4×2	9	350	5,0	+	
К555КП2П(КП12)	4×2	20	55	5,0	+	Выход на три состояния
К555КП13	4×2	19	102	5,0	+	
К155КП2	4×2	20	300	5,0	+	
К134КП9	4×2	275	33	5,0	—	
К531КП11(КП14)	2(4)	7	400	5,0	+	Выход на три состояния
К555КП11(КП14)	2(4)	18	58	5,0	+	Два четырехразрядных канала
К1533КП11(КП14)	2(4)	20	38	5,0	+	
К561ЛС2	2(4)	450	0,25	3...15	—	

ходит в рабочий режим. Сигнал на входе V определяет выбор канала для коммутации на выход: при $V=0$ к выходу подключается канал A, при $V=1$ — канал B.

Более гибкая схема коммутации входов и выходов под управлением цифрового кода выполнена в ИС матричного коммутатора К1509КП1

(рис. 5.26,*г*). Структура ИС включает коммутационную матрицу, состоящую из 16 строк и 16 столбцов. Каждая строка соединена со своим входом (каналом), а столбец — с выходом. Следовательно, ИС имеет 16 каналов $X_0...X_{15}$ и 16 выходов $Y_0...Y_{15}$, причем выходы могут принимать третье состояние. В каждой из 256 точек коммутации расположен ключ на МДП-транзисторе и триггер. Состояние триггера определяют входные управляющие сигналы, а триггер, в свою очередь, определяет состояние ключа. Обращение к нужному триггеру для передачи ему команды на коммутацию обеспечивает восьмиразрядный адресный код. Четыре разряда кода A_x ($a_3...a_0$) адресуют строку, т. е. выбирают канал (вход), который следует коммутировать. Другие четыре разряда A_y($a_7...a_4$) адресуют столбец, т. е. выбирают выход, с которым будет соединен выбранный вход.

Таким образом, ИС позволяет осуществить коммутацию любого из 16 входов (каналов) на любой из 16 выходов.

Режим работы коммутатора определяют пять управляющих сигналов: $E = 1$ разрешает обращение к ИС; $E = 0$ переводит выходы в третье состояние; $BM = 1$ обеспечивает доступ к адресованному выходу; $BM = 0$ переводит адресованный выход в третье состояние; $S = 1$ устанавливает требуемое соединение; $S = 0$ запрещает соединение, блокируя адресные входы; $V = 0$ определяет асинхронный режим передачи информации от входа к выходу; при $V = 1$ передачу синхронизируют сигналы на входе C. Коммутатор К1509КП1 переключает сигналы с частотой до 10 МГц; осуществляет задержку сигнала через канал от входа к выходу не более 40 нс, а длительность входного сигнала не должна быть менее 30 нс.

Особенностью мультиплексоров серий К561, 564, например К561КП1, 564КП1, является их двустороння проводимость. Их называют двунаправленными, так как они позволяют коммутировать цифровые и аналоговые сигналы в обоих направлениях и поэтому могут быть использованы не только в качестве мультиплексора для коммутации одного из входов на выход, но и в качестве демультиплексора (селектора) для коммутации входа на один из выходов. В режиме демультиплексора входы и выходы меняются местами.

Режим питания ИО-мультиплексоров и уровни сигналов. В общем к ИС могут быть подведены три напряжения питания: $U_{ип1}$ (вывод *16*), $U_{ип2}$ (вывод 8), $U_{ип3}$ (вывод *7*). От значений питающих напряжений зависят уровни управляющих сигналов на входах V_1, V_2, C. При этом напряжение высокого уровня равно напряжению $U_{ип1}$, напряжение низкого уровня — напряжению $U_{ип2}$. Уровни коммутируемых сигналов определяют напряжения: $U_{ип1}$ — наибольшее значение сигнала, $U_{ип3}$ — наименьшее. Разность напряжений $U_{ип1} - U_{ип3}$ не должна превышать 15 В.

К примеру, при передаче цифровых сигналов типичными являются следующие напряжения источников питания: $U_{ип1} = 5$ В, $U_{ип2} = 0$. В таком случае управляющие сигналы должны иметь уровни 0 и 5 В, коммутируемые сигналы могут иметь уровни от 0 до 5 В.

Другой пример: необходимо передать сигналы с уровнями от -5 до 5 В. Для этого к ИС подводят следующие питающие напряжения: $U_{ип1} = 5$ В, $U_{ип3} = -5$ В. Чтобы управлять ИС сигналами одной полярности, подают $U_{ип2} = 0$, т. е. вывод 8 соединен с корпусом. К параметрам ИС серий К561, 564, приведенных в табл. 5.12, также относятся: наибольший размах коммутируемого напряжения 15 В, наибольшее значение тока через открытый ключ 10 мА, сопротивление открытого канала 120...300 Ом. В сериях К176, К561, 564 имеются ИС (К176КТ1, К561КТ3, 564КТ3), содержащие отдельные двунаправленные ключи.

В бытовых магнитофонах («Электроника — ТАА-004», «Электроника-204», «Нота МП220С» и другие) применяются сравнительно простые мультиплексоры серии К547).

Мультиплексоры К547

Представляют собой четырехканальные переключатели, которые управляются командами (постоянными напряжениями), поступающими на затворы электронных ключей (вывод *2, 6, 9, 13*) (рис. 5.27). Команда — 15В разрешает прохождение сигнала через данный ключ, а команда + 15В — запрещает прохождение сигнала (соответствующий ключ разомкнут). Во всех случаях ключи будут работать, если приложено напряжение питания + 15В на вывод *11* микросхемы К547КП1А... К5477КП1Г. Например, если на вывод *2* подана команда — 15В, то ключ открывается и соединяет выводы *1* и *3* между собой, если на вывод *6* подано — 15В, то соединяются выводы *5* и *7*, и т. д. При подаче + 15В на вывод *13* выводы *12* и *14* будут разъединены. Когда необходимо одной командой — 15В включить сразу 2 ключа одновременно, то выводы управляющих затворов соединяют между собой (например, выводы *9* и *13*) и на них подают напряжение — 15В, тогда выводы *8* и *10*, а также *12* и *14* между собой соединяются.

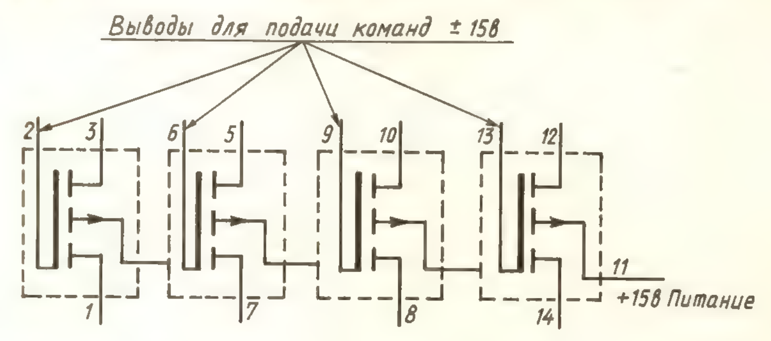


Рис. 5.27. Схема электронного коммутатора К547КП1

В схемах магнитофонов такие коммутаторы чаще применяются для пропускания стереосигнала (2 канала) и подключения цепей коррекции для каждого и стереоканалов (2 канала). Кроме того, они используются для изменения коррекций усилителей записи и воспроизведения при использовании лент CrO_2 и FeCr, чаще путем соединения с корпусом некоторых элементов цепи коррекции усилителя (при подаче команды — 15В на соответствующие затворы). Применяются данные коммутаторы и для изменения коэффициента усиления операционного усилителя путем подключения резистора параллельно элементу (тоже резистору) цепи обратной связи ОУ, от которого зависит коэффициент усиления. Основные электрические параметры микросхем К547КП1А... К547КП1Г приведены в табл. 5.14.

Предельно допустимые электрические режимы эксплуатации
Напряжение между стоком и подложкой:
К547КП1А не более 35В
К547П1Б —«— 30В
К547КП1В —«— 20В
К547КП1Г —«— 20В

Таблица 5.14

Параметр	К547КП1А	К547КП1Б...К547КП1Г
$R_{СИ\ отк}$, Ом	100	150
$I_{З\ ут}$, нА	50	500
$I_{С\ ут}$, нА	50	500
$I_{И\ ут}$, нА	50	500
$U_{ЗИ\ пор}$, В	—3...—6	—3...—6

Напряжение между истоком и подложкой:
К547КП1А не более 35В
К547КП1Б —«— 30В
К547КП1Б —«— 20В
К547КП1Г —«— 20В
Напряжение между затвором и подложкой 40В
Постоянный ток стока не более 20мА
Мощность рассеивания 500 мВт.

При отсутствии коммутации каким-либо ключом следует проверить наличие напряжения питания на выводе *11* и управляющего напряжения команды и его полярности. Как отмечалось ранее, — 15В на выводах *2, 6, 9, 13* (при наличии + 15В на выводе *11*) ключи открывает, а + 15В на тех же выводах ключи закрывает, т. е. выводы *3-1, 5-7, 8-10, 12-14* разомкнуты. Если же все напряжения присутствуют и хотя бы один ключ не работает, микросхему следует заменить.

5.4. МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Микропроцессор (МП) — это микроэлектронное программно-управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управляющее этим процессом. Микропроцессор может быть реализован на одной или нескольких больших интегральных схемах (БИС) и является наиболее важной частью ЭВМ.

В последнее время для расширения сервисных возможностей и качества ЛПМ магнитофонов, управления ими изготавливаются и применяются в аппаратах магнитной записи БИС широкого применения серии К145.

Так, К145ИК1906 применяется для контроля и управления режимами работы лентопротяжного механизма магнитофонов. БИС К145 ИК1913 применяется для программного управления работой лентопротяжного механизма. Большая интегральная схема К145ИК1914 содержит счетчик, таймер, выполняющий отсчет дискретных значений параметров с привязкой к реальному времени, и применяется в системах автоматического контроля и бытовых магнитофонах; БИС К145И1915 применяется для автоматического управления электропроигрывателем.

Микроконтроллерные БИС К145ИК1906, К145ИК1913 и К145ИК1914 служат для управления магнитофоном. Эти большие интегральные схемы являются одним из вариантов базовой БИС К145ИК19 и предназначены для контроля и управления лентопротяжным механизмом магнитофона, а при наличии соответствующих датчиков — контроля режимов работы различных механических устройств.

Вышеназванные микроконтроллеры имеют следующие основные параметры: напряжение питания — 27 В, сопротивление по входу логического *0* — около 1 кОм, по выходу логической *1* — около 1 МОм; допустимые

токи нагрузок по выходам $\bar{D}i$ — менее или равны 6 ма, Ii — 2 мА, а Yi — 1 мА. Тактовая частота 30...40кГц может задаваться с помощью внешней *RC*-цепи, кварцевого резонатора РК101 (32768 Гц) или внешними прямоугольными импульсами. У данных БИС выводы *Ст1, Ст2, Ст3, КВ* используются для возбуждения внутреннего задающего генератора (фазы *Ф1, Ф3*). Неиспользованные выводы *4, 11, 12* заземляют, вывод *31* соединяют с выводом *32*, а *33* — с *34*.

Переход из режима в режим работы БИС осуществляется с помощью клавиатуры коммутацией сигналов $\bar{D}i$ на соответствующие входы *Kj*. Режимы работ контролируются визуально по индикатору, для которого управляющие сигналы снимаются с выходов *Ii* в соответствии с рис. 5.31.

При использовании БИС К145ИК1906 (рис. 5.28) в составе магнитофонов с ее помощью осуществляют семь основных режимов работы: «Оста-

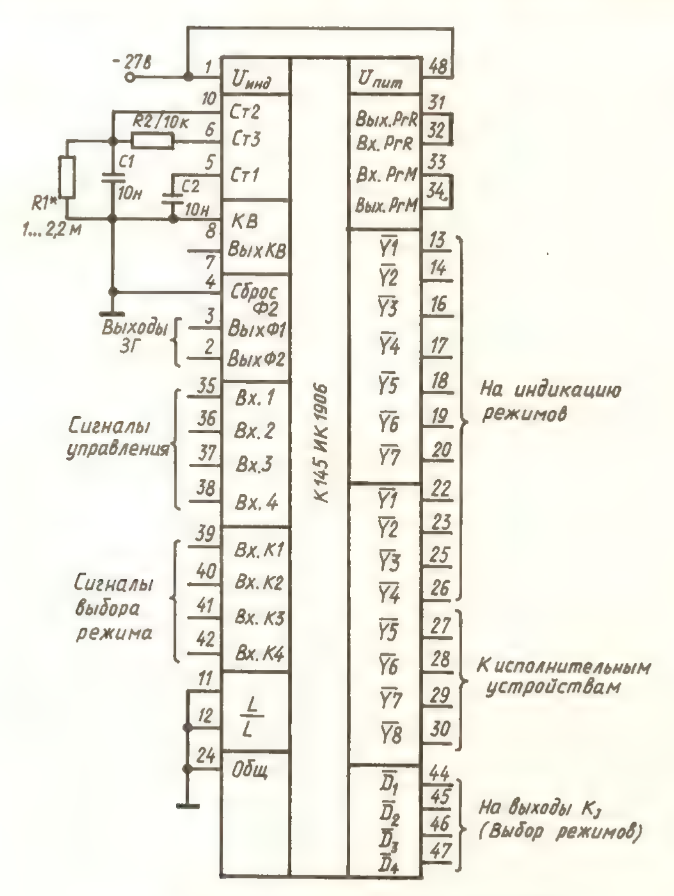


Рис. 5.28. Схема включения БИС К145ИК1906

нов», «Рабочий ход», «Перемотка вправо», «Перемотка влево», «Пауза», «Подготовка к записи», «Запись»; и четыре дополнительных режима работы: «Автостоп», «Программный автостоп»; и две программы автоматического изменения режимов работы магнитофона.

Таблица 5.15. **Выбор режимов работы БИС К145ИК1906**

Режим	Вход K_J	Выход Di	Сигналы индикации режима	Режим	Вход K_J	Выход Di	Сигналы индикации режима
1	2	3	4	5	6	7	8
Останов	К1	$\overline{D}4$	$\overline{11}$	Запись	К1	$\overline{D}1$	$\overline{17}$
Рабочий ход	К1	$D1$	$\overline{16}$	Программа 1	К3	$\overline{D}1$	$\overline{Y}1$
Перемотка вправо	К1	$\overline{D}2$	$\overline{13}$	Программа 2	К3	$\overline{D}2$	$\overline{Y}2$
Перемотка влево	К1	$\overline{D}3$	$\overline{12}$	Автостоп	К3	$\overline{D}4$	$\overline{Y}3$
Пауза	К1, К3	$\overline{D}1$	$\overline{14}$, $\overline{16}$	Программный автостоп	К3	$\overline{D}3$	$\overline{Y}4$
Подготовка к режиму «Запись»	К1, К3	$\overline{D}1$	$\overline{14}$, $\overline{17}$				

Основные режимы осуществляются нажатием клавиши, коммутирующей сигналы с выхода Di на вход Kj в соответствии с табл. 5.15.

Дополнительные режимы устанавливаются или сбрасываются при повторном обращении к БИС нажатием соответствующих клавиш.

БИС К145ИК1913 в составе магнитофона позволяет обеспечить поиск с помощью клавиатуры определенного номера (от 0 до 15) музыкальной программы в режиме «Поиск» и ее прослушивание. В режиме «Обзор» осуществляется последовательное прослушивание фонограммы в течение примерно 15 секунд, затем происходит автоматическая перемотка до появления ближайшей паузы в фонограмме и т. д. При работе в режиме «Автоповтор» после воспроизведения последней фонограммы происходит переход к проигрыванию фонограммы, номер которой записан с помощью клавиатуры в первой ячейке памяти.

БИС К145ИК1914, кроме применения в бытовых магнитофонах для контроля расхода ленты и управления лентопротяжным механизмом, может использоваться для отсчета дискретных значений некоторого параметра с привязкой к реальному времени. При работе БИС в составе магнитофона с ее помощью индицируется текущее значение условного метража, текущего времени и в режиме «Поиск» — предварительно установленное значение метража. С помощью БИС при наличии на входе $X1$ прямоугольных импульсов частотой 102 Гц (режим «Перемотка») или 64 Гц (режим «Рабочий ход») осуществляется прямой или обратный ход условного метража. Может осуществляться также поиск нужного участка записи путем сравнения показаний счетчика условного значения метража с предварительно установленным. При этом в момент сравнения выдается соответствующий сигнал. БИС может роботать также в режиме счета времени или в режиме таймера (обратный счет времени) и выдавать управляющие сигналы в случае переполнения счетчика, завершения работы таймера и при показаниях счетчика времени свыше одного часа. Сигнализируется также, какой параметр контролируется (время или условный метраж), и направление счета (прямой или обратный счет).

Назначение выводов 1...21 аналогично БИС К145ИК1906 (рис. 5.29), так же как и схема их подключения, а назначение выводов 22...48 БИС К145ИК1914 представлено в табл. 5.16.

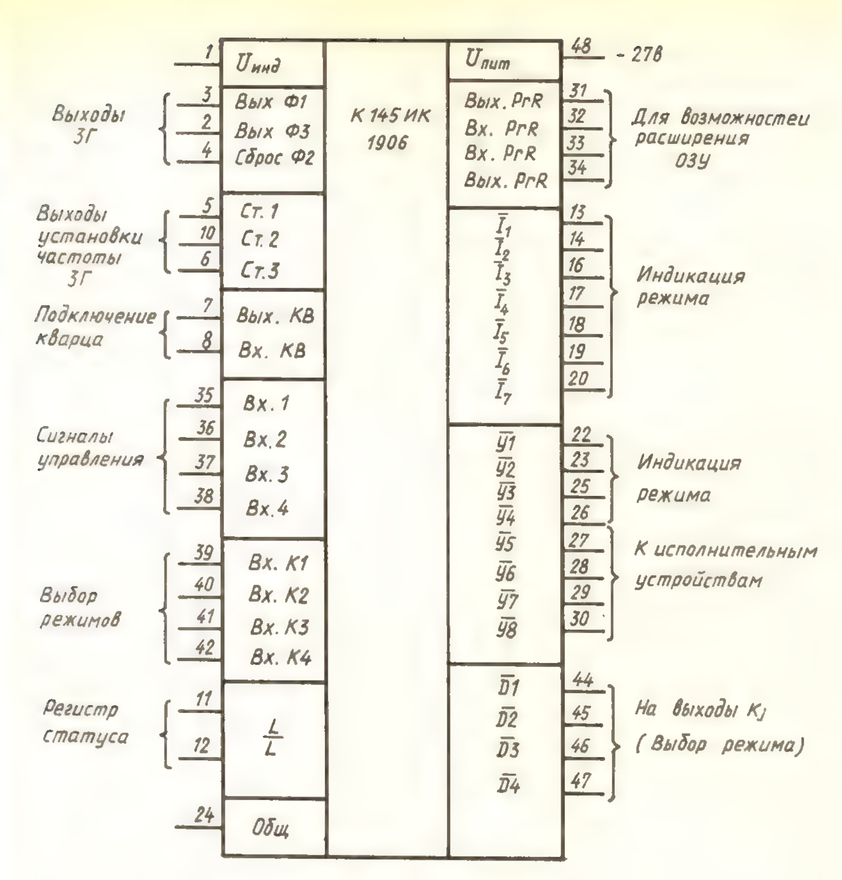


Рис. 5.29. Назначение выводов БИС К145ИК1906

Таблица 5.16. **Назначение выводов К145ИК1914**

Номер вывода	Наименование сигнала	Назначение вывода	Примечание
1	2	3	4
22	Вых. $\bar{Y}1$	Управляющий выходной сигнал	Сигнализация о завершении работы таймера и превышении 1 ч при счете времени
23	Вых. $\bar{Y}2$	То же	
24	Общий выход		
25	Вых. $\bar{Y}3$	» »	Указывает направление счета времени: низкий уровень напряжения — прямой счет; высокий уровень — обратный счет (таймер)

1	2	3	4
26	Вых. $\bar{Y}4$	» »	Признак выводимого на индикатор параметра: низкий уровень напряжения — значение условного метража; высокий уровень — значение времени
27	Вых. $\bar{Y}5$	» »	Сигнализация о переполнении счетчика условного метража
28	Вых. $\bar{Y}6$	» »	Сигнализация о превышении текущего значения счетчика условного метража над значением предустановки условного метража
30	Вых. $\bar{Y}8$	» »	Сигнализация о равенстве значений предустановки условного метража и текущего значения счетчика условного метража
31	Вых. *PrR*	Для возможности расширения оперативной внутренней памяти	
32	Вх. *PrR*	То же	
33	Вх. *PrM*	» »	
34	Вых. *PrM*	» »	
35	X1	Сигнальный вход «Счет»	Для приема сигнала типа меандр при отсчете условного метража
36	X2	Сигнальный вход ЛПМ	Для приема информации о состоянии СПМ магнитофона: высокий уровень напряжения соответствует режиму «Перемотка», низкий уровень — режиму «Рабочий ход»
37	X3	Сигнальный вход «Направление»	Для приема информации о направлении счета параметра: низкий уровень напряжения — прямой счет, высокий уровень — обратный счет
38	X4	Вход	
39	K1	Вход с клавиатуры	
40	K2	То же	
41	K3	» »	
42	K4 Вых. СИ	» »	Вход К4 соединен с выходом 4 для включения БИС при подаче напряжения питания
43	Вых. СИ	Не используется	
44	Вых. *D*1	Выходные разрядные сигналы	Для сканирования индикатора и клавиатуры
45	Вых. *D*2	То же	
46	Вых. *D*3	» »	
47	Вых. *D*4	» »	
48	$U_п$	Напряжение питания БИС-27 В	

Включение БИС К145ИК1906

Схема включения БИС К145ИК1906 с элементами внешней *RC*-цепи, определяющими частоту внутреннего генератора, приведена на рис. 5.28. Если напряжение индикатора и БИС совпадают, то выводы *1* и *48* соединяют между собой.

При работе БИС в магнитофоне выход $\overline{Y5}$ управляет рабочим ходом ЛПМ, причем для включения режима «Рабочий ход» на этом выходе появляется высокий уровень напряжения, т. е. от 0 до 2 В (логический ноль); на выходе $\overline{Y6}$ высокий уровень напряжения появляется при включении перемотки вправо; выход $\overline{Y7}$ управляет включением режима перемотки влево (аналогично $\overline{Y6}$), а на выходе $\overline{Y8}$ при включенном ЛПМ появляется сигнал высокого уровня напряжения (от —8 до —27 В).

Микросхема позволяет анализировать информацию, поступающую на входы *Вх1...Вх4*. По *Вх1* определяют, в каком состоянии (движения или останова) находится ЛПМ. Поступающий на *Вх1* уровень логического нуля (напряжение 0...2 В) соответствует останову механизма, а уровень логической единицы (—8...—27В) — его движению. В случае подачи любого из управляющих сигналов (рабочий ход, перемотка вправо или влево) и отсутствия логической единицы на *Вх1* в течение пяти секунд схема переходит в режим ожидания и на выходе $\overline{Y5}$ появляется напряжение высокого уровня. При необходимости формирования паузы, предшествующей режиму «Рабочий ход», на *Вх2* задается сигнал в виде уровня логического нуля, что вызывает отключение управляющих сигналов *Y5...Y8*.

Сигнал автостопа ЛПМ в виде высокого уровня напряжения (логическая единица) подается на *Вх 3* БИС при работе в режиме «Автостоп», что обеспечивает останов механизма. В режиме «Программный автостоп» обеспечивается прием сигнала прерывания работы механизма (уровень логической единицы по *Вх 4*) от датчика метража ленты.

Две программы («Программа 1» и «Программа 2») автоматического изменения режимов работы обеспечивают автоматический переход от режима «Рабочий ход» в режим «Перемотка влево» и от режима «Перемотка влево» в режим «Рабочий ход» по сигналам автостопа или программного автостопа. Одновременное использование обеих программ позволяет добиться многократного прослушивания некоторого участка магнитной ленты, т. е. чередовать режимы «Рабочий ход» и «Перемотка влево».

Микропроцессор на БИС К145ИК1901 также применяется в составе бытовой аппаратуры для включения и выключения некоторых устройств в заданные программой моменты, эта БИС служит также основой электронных часов, таймеров. На рис. 5.30 показано назначение выводов микропроцессора, а на рис. 5.31 приведены коды сегментов десятичной цифры индикатора.

Тактовая частота ЗГ стабилизируется кварцевым резонатором РК10132768 Гц, а при его отсутствии задается в пределах 30...40 кГц внешней *RC* цепью (при этом вывод *8* подключается к общему проводу, а вывод *7* должен быть свободным). Возможна синхронизация подачей внешних прямоугольных импульсов амплитудой 1,5...2,5В и частотой 32 кГц на вывод *8* (между выводами подключается резистор 10 МОм). Если возможность расширения памяти регистров ОгР и РгМ не используется, то следует вывод *31* соединить с *32*, а вывод *33* — с *34*. При использовании ИС следует также выводы *11* и *12* соединить с общим проводом. Задание различных режимов работы БИС определяется девятью командами и осуществляется путем подачи импульсов с выходов $\overline{Di}$ на соответствующие входы *Ki* с помощью клавиатуры. На входе *Kj* при отсутствии соответствующей команды появляется логическая единица, т. е. напряжение низкого уровня (—27В).

Команда установки минут осуществляется подачей сигнала с выхода $\overline{D4}$ на вход *K1*, а установки часов — с выхода $\overline{D4}$ на вход *K2*, при этом к предыдущим показаниям соответствующего времени прибавляется едини-

Назначение	Вывод	Обозначение
Напряжение питания индикатора	1	$U_{инд}$
Входы ЗГ для синхронизации внешней памяти	2	Ф1
	3	Ф3
Общая очистка	4	Сброс Ф2
Выходы для установки частоты ЗГ	5	Ст.1
	10	Ст.2
	6	Ст.3
Подключение кварца	7	Вых. КВ
	8	Вх. КВ
Входы изменения состояния регистра статуса	11	L
	12	L
Коды сегментов десятичной цифры	13	I_1
	14	I_2
	16	I_3
	17	I_4
	18	I_5
	19	I_6
	20	I_7
Общий ⊥	24	
Управление исполнительными устройствами	26	У4
	27	У5
	28	У6
Для возможности расширения внутренней памяти ОЗУ	32	Вх. PrR
	33	Вх. PrM
	31	Вых. PrR
	34	Вых. PrM
Входы подключения клавиатуры	39	К1
	40	К2
	41	К3
	42	К4
Выходные разрядные импульсы управления индикатора	44	D1
	45	D2
	46	D3
	47	D4
−27В	48	$U_п$

К145ИК 1901

Рис. 5.30. Назначение выводов БИС К145ИК1901

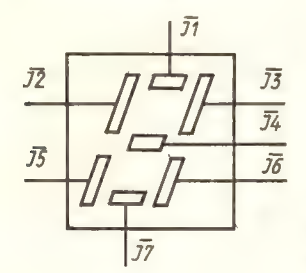


Рис. 5.31. Коды сегментов десятичной цифры

ца с частотой 2 Гц. С помощью команды «Коррекция» (К) (сигнал с выхода $\bar{D}1$ подается на вход *К3*) осуществляется обнуление разрядов минут (секунд), далее счет продолжается с 00 мин (00с), а в разряде часов информация не меняется.

Режим таймера *(Т)* (для его осуществления сигнал с выхода $\bar{D}3$ подается на вход *К3*) совмещен с работой в режиме «Будильник 1» («Б1»), и их одновременное использование недопустимо. В этом режиме осуществляется обратный отсчет времени, установленного в программе работы режима «Б1». При этом значения времени, установленного в разрядах часов и минут, воспринимаются в режиме таймера как значения минут и секунд соответственно. В момент достижения значения 00мин 00с при работе таймера счет времени прекращается и выдается сигнал управления, говорящий об окончании заданного интервала времени. В режиме секундомера (с) (он устанавливается подачей сигнала с выхода *D2*

на вход *К4)* происходит ежесекундное приращение информации, причем в адрес минут индицируются секунды, а часов — минуты. По команде «Останов» (0) (на вход *К3* подается сигнал $\bar{D}2$) на индикаторе фиксируются показания текущего времени. В регистрах эта информация также сохраняется.

Микроконтроллер позволяет сравнить текущее значение времени с предварительно установленными с помощью команд «Б1» и «Будильник 2» («Б2») значениями. В момент совпадения текущего и заданного времени в режиме «Б1» или «Б2» каналам выдаются управляющие сигналы независимо друг от друга. Длительность управляющего сигнала составляет 55 с. Команды «Б1» (при этом сигнал с *D* подается на *К4*) и «Б2» (сигнал с $\bar{D}$ *3* подается на *К4*) устанавливают режим занесения контрольного времени для «Б1» или «Б2», при этом признак режима выдается на индикаторе как 55ч 55мин, а само время выдачи управляющего сигнала устанавливается командами «Ч» и «М». Программы работ «Б1» и «Б2» заносятся в отдельные регистры памяти и позволяют использовать их многократно. По командам «Б2» или «Б1» содержимое программ выдается для контроля. По управляющим сигналам можно включать в режиме будильника звуковую сигнализацию или, например, используя режим «Б1» (управляющим сигналом *Y5*), включать телевизор, а по режиму «Б2» (управляющим сигналом *Y6*) — выключать.

Прервать сигналы управления *Y4—Y6* (например, звуковой сигнализации) можно либо отключив питание сигнального устройства, либо по команде «В» (для ее осуществления сигнал с выхода *D1* подается на вход *К4*) осуществив возврат к текущему времени.

Глава 6

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА И РЕГУЛИРОВКА ЗАРУБЕЖНЫХ МАГНИТОФОНОВ

Общие сведения

Зарубежные бытовые аппараты магнитной записи (БАМЗ) по конструкции и схемным решениям в основном аналогичны отечественным. Для их ремонта и регулировки могут применяться те же методы, что и для отечественных аппаратов.

Номенклатура БАМЗ, выпускаемых зарубежными фирмами, большая разнообразная. Однако она не имеет деления на классы, но все же ведущие фирмы выпускают ряд аппаратов (до 10 и больше) различного качества. Это магнитофонные приставки (деки) от высококачественных до более простых, переносные магнитофоны и магнитолы, портативные малогабаритные аппараты, магнитофоны для автомобилей и др. Они отличаются основными техническими характеристиками, а также потребительскими свойствами.

Основные технические характеристики некоторых аппаратов зарубежных фирм приведены в Приложении *1*.

Высококачественные аппараты имеют сложные схемные решения как основных блоков магнитофона, так и управления. ЛПМ таких аппаратов строят по кинематическим схемам с двумя или тремя двигателями. Некоторые имеют два ведущих вала. Высококачественные аппараты имеют прямой привод ведущего вала, где тонвалом является непосредственно вал ротора электродвигателя. Такие двигатели сложны в изготовле-

нии и дорогостоящи, имеют относительно сложную схему питания и стабилизации скорости вращения вала. Прямой привод имеют аппараты, построенные как по трехдвигательной (например, «Техникс РСВ100» и др.), так и по двухдвигательной схеме («Акаи Ф31» и др.). Высококлассные аппараты имеют кварцевую стабилизацию частоты вращения вала двигателя или логическую схему управления. Наряду с качественным изготовлением всех деталей и сборкой такие ЛПМ имеют очень высокие технические характеристики. А некоторые аппараты имеют еще дополнительный двигатель для автоматической установки кассеты в рабочее положение при пуске или перемотке (например, «Акаи Ф31, Ф51» и др.). Как правило, высококачественные аппараты имеют и программное управление ЛПМ, обеспечивающее ряд эксплуатационных удобств, могут работать совместно с таймерами, которыми можно задать программу работы магнитофона в определенных режимах в течение дня, недели, месяца. Электрическая схема магнитофона высокого качества имеет раздельные каналы записи и воспроизведения (сквозной канал), различные схемы регулировки подмагничивания, как автоматического, так и ручного, имеются встроенные генераторы звуковой частоты для точной настройки подмагничивания для разных лент (обычно на 400 и 10 000 Гц), что дает возможность обеспечить наиболее качественную запись на различных типах лент, весьма точные люминесцентные индикаторы уровня записи с задержкой индицирования пиков сигнала. Такие аппараты, как правило, имеют все основные системы шумопонижения, применяемые в БАМЗ: «Долби-НР, -Б, -С» и ДБХ. Применение СШП позволяет не только снизить уровень шумов, но и расширить динамический диапазон записываемых и воспроизводимых сигналов. Это особенно заметно в аппаратах с применением системы шумопонижения ДБХ.

Эти аппараты имеют качественные головки записи и воспроизведения. Как правило, это головки с «твердой» поверхностью, позволяющей увеличить срок их службы, но дающей часто специфическое звучание магнитофона. В последнее время в высококачественной аппаратуре используются «аморфные» головки.

Несмотря на сложность таких аппаратов (а они содержат до нескольких десятков ИС и транзисторов), надежность их довольно высока. Они требуют к себе более внимательного и бережного отношения в процессе эксплуатации, что уменьшит вероятность выхода их из строя. Здесь необходимо точно выдерживать требования инструкции по эксплуатации, а особенно обеспечения стабильности напряжения сети (часто приходится применять стабилизатор). Колебания величины напряжения сети, резкие изменения его могут вывести аппарат со строя. Некоторые аппараты содержат схемы защиты, отключающие магнитофон при изменении напряжения питания, перегреве его. Необходимо также обеспечить и вентиляцию, что уменьшит вероятность перегрева.

Зарубежные магнитофоны среднего качества и более простые не имеют принципиальных отличий от отечественных как ЛПМ, так и электрической схемы. ЛПМ — однодвигательные, и привод на ведущий вал осуществляется либо через ременную передачу, редуктор из зубчатых колес или фрикционными роликами.

Ряд зарубежных фирм выпускают магнитофоны и магнитолы с автореверсом. ЛПМ таких аппаратов обычно имеет два ведущих вала, а блок головок устанавливается на поворотной торелли, или в одном корпусе расположены две головки — одна над другой (чаще в автомобильных магнитофонах). При переключении режима работы «В другую сторону» производится подключение другой головки.

В последние годы возрос выпуск малогабаритных переносных магнито-

фонов индивидуального пользования, работающих на выносные наушники. Качество как самих магнитофонов (работающих в основном только в режиме «Воспроизведение»), так и наушников непрерывно совершенствуется.

Выпускаемые зарубежными фирмами автомобильные магнитофоны и магнитолы по своему качеству и потребительским характеристикам можно условно разделить на три группы.

К первой относятся простые проигрывающие устройства, имеющие невысокие технические характеристики (полосы рабочих частот 100... 8000 Гц): выходная мощность около 2 Вт на выходе канала, наличие только перемотки вперед.

Вторая группа — это более совершенные проигрывающие устройства. Полоса их рабочих частот примерно составляет 50...12 500 Гц, выходная мощность до 4...5 Вт в канале, ЛПМ имеет перемотки в обе стороны, автореверс. Возможно наличие переключателя используемой ленты. Акустическая система содержит широкополосный или сдвоенный громкоговоритель.

Третья группа — это совершенные проигрыватели, имеющие высокие технические характеристики. Полосы воспроизводимых частот — 50Гц... 14кГц и шире, выходная мощность до 10 Вт в канале и выше. Возможно наличие системы шумопонижения, программное управление, несколько регуляторов тембра. Акустическая система обычно трехполосная. Выпускаются также автомобильные мини-комплексы,. состоящие из тюнера, мощного 134 эквалайзера, магнитофона.

6.1. ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ ЗАРУБЕЖНОЙ АППАРАТУРЫ, ИХ АНАЛОГИ И ЗАМЕНА

При ремонте аппаратов магнитной записи часто возникает необходимость заменить вышедший из строя радиоэлемент — резистор, конденсатор, транзистор и т. п.

Для замены нужно использовать элемент, имеющий идентичные параметры. Зарубежные радиодетали имеют отличия в обозначении их номиналов, маркировке, которую нужно знать, чтобы правильно определить номинал вышедшего со строя резистора или конденсатора, транзистора, диода и т. п.

Резисторы

Зарубежные резисторы, как и отечественные, классифицируются по типу конструкции (постоянные, переменные и подстроечные), по величине номинального сопротивления, по наибольшему допустимому отклонению действительной величины сопротивления от номинальной, по номинальной мощности рассеивания и т. п. Аналогично отечественным используются три закона изменения сопротивления переменных резисторов: линейный — обозначается буквой *А*, логарифмический — *В* и экспоненциальный —*С*.

Зарубежные, как и отечественные, постоянные резисторы выпускаются по рекомендации МЭК (Международной электротехнической комиссии) с номинальными величинами сопротивлений и допусков в соответствии со стандартными рядами, которым присвоены условные обозначения *Е6, Е12, Е24* и т. д. Каждый из рядов номиналов имеет определенный допуск отклонения от номинальной величины. Для бытовой аппаратуры используются три ряда: *Е6; Е12* и *Е24 (табл. 6.1)*.

Таблица 6.1. **Международные стандартные ряды для резисторов и конденсаторов**

E6±20 %	E12±10 %	E24±5 %	E6±20 %	E12±10 %	E24±5 %
		1,0	3,3	3,3	3,3
	1,0	1,1			3,6
1,0		1,2		3,9	3,9
	1,2	1,3			4,3
		1,5		4,7	4,7
	1,5	1,6			5,1
1,5					
		1,8	4,7	5,6	5,6
	1,8	2,0			6,2
		2,2	6,8	6,8	6,8
2,2	2,2	2,4			7,5
		2,7		8,2	8,2
	2,7	3,0			9,1

Маркировка величины номинального сопротивления постоянных резисторов зарубежного производства обозначается в основном цветовым кодом, а также цифро-буквенным текстом. При маркировке цветовым кодом величина номинального сопротивления и его допуск обозначаются цветными точками или кольцами, наносимыми на корпус вокруг резистора. Постоянные резисторы стандартных рядов маркируются четырьмя цветными точками или кольцами (рис. 6.1). Каждому цвету или точке соответствует определенное цифровое значение (табл. 6.2) величины сопротивления. Кольца (точки) — первое и второе — показывают численную величину номинального значения сопротивления в Омах, третье кольцо указывает множитель, на какой необходимо умножить номинальную величину сопротивления, а четвертое кольцо определяет величину допуска в процентах. Если четвертое кольцо отсутствует, то допуск ±20 %, серебристый цвет ±10 %, золотистый ±5 %, красный ±2 %, коричневый ±1% (рис. 6.2).

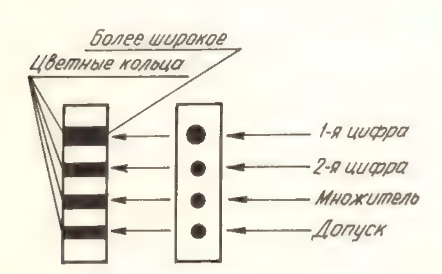


Рис. 6.1. Маркировка номинала резистора и допуска цветными кольцами или точками

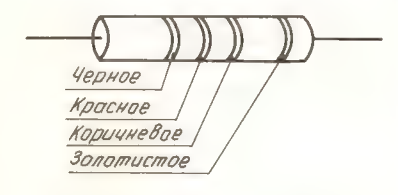


Рис. 6.2. Пример номинала и допуска резистора (величина сопротивления равна $0{,}2 \times 10 \pm$ ± 5 %, т. е. 20 Ом ± 5 %)

Постоянные резисторы с малой величиной допуска (1...2 %) маркируются пятизначным цветовым кодом. Первые три кольца показывают численную величину сопротивления, четвертое — множитель, пятое — допуск.

Для замены вышедших из строя постоянных и переменных резисторов можно использовать отечественные аналогичных номиналов и видов.

Таблица 6.2. **Определение номинала резисторов по цветовому коду**

Цвет точки или кольца маркировки	Первая точка или кольцо Первая цифра	Вторая точка или кольцо Вторая цифра	Третья точка или кольцо Множитель
1	2	3	4
Серебристый	—	—	10^{-2}
Золотистый	—	—	10^{-1}
Черный	0	0	1
Коричневый	1	1	10^{1}
Красный	2	2	10^{2}
Оранжевый	3	3	10^{3}
Желтый	4	4	10^{4}
Зеленый	5	5	10^{5}
Голубой	6	6	10^{6}
Фиолетовый	7	7	10^{7}
Серый	8	8	10^{8}
Белый	9	9	10^{9}

Мощность резистора ориентировочно определяется его размером, аналогично отечественным.

Рабочие напряжения резисторов различной мощности равны: 0,1 Вт — 100 В; 0,25 Вт — 300 В; 0,5 Вт — 400 В; 1 Вт — 800 В; 2 Вт — 1000 В.

При ремонте встречаются случаи, когда резистор сгорел (обуглился) так, что по нему невозможно определить номинал. В этом случае необходимо использовать принципиальную схему аппарата, где номинал указан, а если и схемы нет (что бывает при ремонте зарубежных аппаратов), то необходимо проанализировать и установить назначение резисторов, исходя из знаний отечественной схемотехники и собственного опыта. Используя монтаж, можно нарисовать часть схемы с вышедшим из строя резистором, чтобы легче определить его назначение и возможный номинал.

Вероятность сгорания резистора выше в цепях с относительно большими токами (резисторы фильтров питания, цепей коллектора и эмиттера транзистора и т. п.). Ориентировочное значение резисторов типичных усилителей каскадов следующее (рис. 6.3); *R1* — десятки кОм, *R2* — единицы, несколько десятков кОм, *R4* — несколько десятков, сотни Ом, *R3* — несколько кОм.

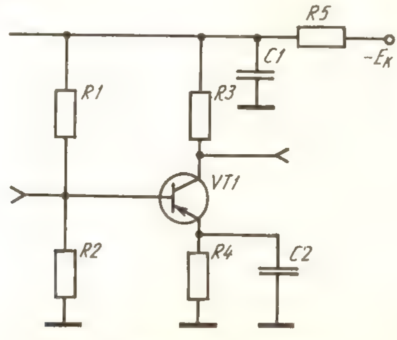


Рис. 6.3. Схема усилительного каскада

Номинальные величины емкостей конденсаторов и их допуск также регламентированы международным стандартом (МЭК). Для бытовой радиоэлектронной аппаратуры в основном используются конденсаторы, номинальные емкости которых соответствуют рядам *E6* и *E12* с величиной допуска $\pm 10\%$ и $\pm 20\%$.

Классификация конденсаторов зарубежного производства аналогична отечественной. Маркировка конденсаторов осуществляется чаще цветовым кодом (табл. 6.3) (рис. 6.4). Слюдяные конденсаторы могут маркироваться следующим образом (рис. 6.5).

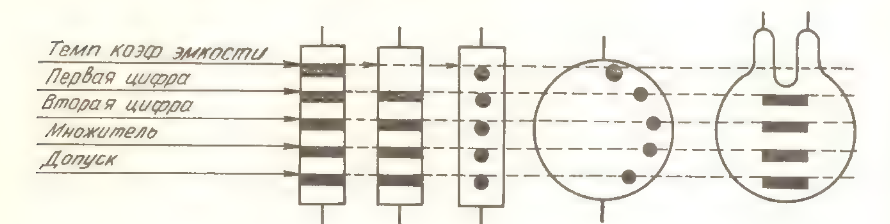


Рис. 6.4. Цветовая маркировка конденсаторов

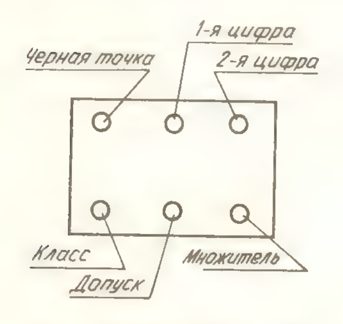


Рис. 6.5. Маркировка слюдяных конденсаторов

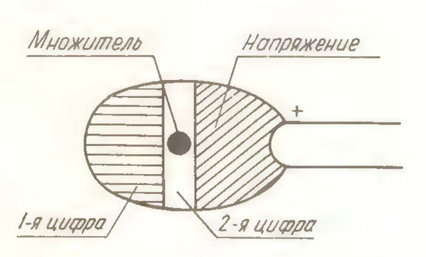


Рис. 6.6. Цветовой код танталовых конденсаторов

Таблица 6.3. **Цветовой код конденсаторов широкого применения**

	Черный	Коричневый	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Фиолетовый	Серый	Белый	Золотистый	Серебристый
1 и 2 цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Множитель	1	10	10^2	10^3	10^4							
Допуск, %	20	1	2						0,5		5	10
Класс ТКЕ		1		2		3				4		
10^6 °C $^{-1}$	0	−33	−75	−150	−220	−330	−470	−750			+100	

Пленочные конденсаторы маркируются текстовым обозначением или цветовым кодом (табл. 6.4).

Маркировка танталовых сухих оксидных конденсаторов производится цветовым кодом (рис. 6.6), приведенным в табл. 6.5.

Номинальную емкость переменных и подстроечных конденсаторов обозначают в виде дроби с указанием минимального и максимального значения емкости в пикофарадах (P).

Такие конденсаторы могут успешно заменяться аналогичными отечественными.

Таблица 6.4. **Цветовой код для пленочных конденсаторов**

Номинальное значение емкости	Первое кольцо (головка конденсатора)	Второе кольцо	Третье кольцо
0,010	коричневое	черное	оранжевое
0,015	коричневое	зеленое	»
0,022	красное	красное	»
0,033	оранжевое	оранжевое	»
0,047	желтое	фиолетовое	»
0,068	синее	серое	»
0,10	коричневое	черное	желтое
0,15	коричневое	зеленое	»
0,22	красное	красное	»
0,33	оранжевое	оранжевое	»
0,47	желтое	оранжевое	»
0,68	синее	серое	»
1,0	коричневое	черное	зеленое
1,5	коричневое	зеленое	зеленое
2,2	красное	красное	зеленое

Таблица 6.5. **Цветовой код для танталовых конденсаторов**

Цвет	Номинальная емкость*			Номинальное напряжение, В, цвет основания
	Первый элемент	Второй элемент	Третий элемент. Множитель	
Черный	—	0	1	3 белый
Коричневый	1	1	10	6,3 желтый
Красный	2	2	10^2	10 черный
Оранжевый	3	3	—	16 зеленый
Желтый	4	4	—	20 синий
Зеленый	5	5	—	25 серый
Синий	6	6	—	35 розовый
Фиолетовый	7	7	—	—
Серый	8	8	10	—
Белый	9	9	10	—

* Первый элемент обозначения — в верхней части корпуса конденсатора.

Полупроводниковые приборы

Маркировка полупроводниковых приборов в странах Европы осуществляется двумя буквами и тремя цифрами. Основное значение имеют две первые буквы, а все остальные указывают порядковый номер.

Первая буква указывает на вид исходного полупроводникового материала: *А* — германий, *В* — кремний, *С* — арсенид галия, *Д* — антимонид индия, *R* — другие полупроводники.

Вторая буква означает функциональное назначение прибора, его класс: *А* — маломощный диод (кроме фотодиодов, стабилитронов, туннельных диодов и мощных диодов);
В — диод с переменной емкостью;
С — маломощный низкочастотный транзистор;
Д — мощный низкочастотный транзистор;
Е — туннельный диод;
L — маломощный высокочастотный транзистор;
S — мощный высокочастотный транзистор;
U — маломощный переключающий транзистор;
R — мощный переключающий транзистор;
Р — маломощный транзистор;
Т — мощный тиристор;
Р — фотодиод, фототранзистор;
У — мощный выпрямительный диод;
Х — умножительный диод;
Z — стабилитрон;
С — сложный прибор (в одном корпусе несколько приборов);
К — генератор Холла;
Н — измеритель напряженности поля;
М — модулятор Холла;
О — электролюминесцентный диод.

Примеры обозначения

ВУ126 — кремниевый мощный выпрямительный диод;
BZ102 — кремниевый стабилитрон;
АС125 — германиевый маломощный низкочастотный транзистор;
ВД518 — кремниевый мощный транзистор.

По маркировке, принятой в ПНР, после первых двух букв дополнительно ставится буква Р и далее серийный номер, а для приборов промышленного назначения — две буквы УР. По маркировке, принятой в ЧССР, первая буква указывает тип исходного материала: G — германий и К — кремний; в ГДР материал обозначают буквами G — германий и S — кремний, а остальная часть обозначения аналогична вышеприведенной. В Японии для маркировки полупроводниковых приборов применяется пять знаков. Первый элемент обозначает тип полупроводникового прибора: 1 — диод, 2 — транзистор, 3 — четырехслойный прибор, 0 — фотодиод, фототранзистор. Второй элемент указывает на материал полупроводника: S — кремний, G — германий. Третий элемент определяет структуру и класс прибора:
А — высокочастотный *р—n—р*-транзистор;
В — низкочастотный *р—n—р*-транзистор;
С — высокочастотный *n—р—n*-транзистор;
Д — низкочастотный *n—р—n*-транзистор;
Е — прибор с четырехслойной *р—n—р*-структурой;
Н — однопереходный транзистор;
I — полевой транзистор с *р*-каналом;
К — полевой транзистор с *n*-каналом;
М — симметричный тиристор.

Фотоприборы третьего элемента не имеют.

Четвертый элемент — цифра (начиная с II), указывающая номер прибора. Пятый элемент буква: А — первое усовершенствование разработки, В — второе.

У некоторых приборов после маркировки ставятся буквы N, M, S, C и цифра, указывающая отношение к требованиям специальных стандартов. Примеры обозначения японских полупроводниковых приборов: 2SA811C5 — кремниевый высокочастотный транзистор *p—n—p*; 2SB — кремниевый низкочастотный транзистор *p—n—p*. Кроме вышеназванных

Таблица 6.6. **Цветовое обозначение малогабаритных полупроводниковых приборов**

Цвет полосы	Цифровое обозначение	Буквенное обозначение
Черный	0	—
Коричневый	1	*A*
Красный	2	*B*
Оранжевый	3	*C*
Желтый	4	*D*
Зеленый	5	*E*
Синий	6	*F*
Фиолетовый	7	*G*
Серый	8	*H*
Белый	9	—

систем маркировки часто применяются фирменные обозначения. Для маркировки малогабаритных приборов применяется цветовой код (табл. 6.6).

При обозначении цветовым кодом диодов первая цифра и буква *N* не ставятся. Следующий за буквой номер обозначается цветными полосами:

а) номера, состоящие из двух цифр, обозначаются черной полосой и последующими второй и третьей цветными полосами, цвет которых определяет соответствующие цифры. При использовании буквы она становится четвертой полосой;

б) номера из трех цифр обозначаются тремя цветными полосами, а четвертая обозначает букву;

в) номера из четырех цифр обозначаются четырьмя цветными полосами, а пятая — черная. Если требуется обозначить букву, то цветную полосу ставят вместо черной;

г) для обозначения полярности цветные полоски либо наносятся ближе к катоду, либо первая полоса от катода наносится двойной ширины;

д) тип полупроводникового диода читается по цветным полосам от катода.

Как известно, полупроводниковые приборы характеризуются большим числом энергетических параметров, которые неодинаковы даже в пределах одного типа из-за естественного технологического разброса. На большинство энергетических параметров полупроводниковых приборов каждого типа устанавливаются граничные значения и допустимые отклонения. Так как стандартизация параметров в некоторых странах производится без учета требований международного стандарта (МЭК), то разница между отечественными и некоторыми зарубежными приборами может быть большой. Поэтому практически невозможно подобрать отечествен-

ный аналог, который бы полностью соответствовал всем энергетическим и эксплуатационным параметрам зарубежного полупроводникового прибора. Исходя из этого, взаимозаменяемость зарубежных и отечественных полупроводниковых приборов осуществляется путем подбора приближенного аналога по основным электрическим параметрам. Основные электрические параметры зарубежных транзисторов широкого применения приведены в Приложении 2.

Приближенные отечественные аналоги зарубежным полупроводниковым приборам регулярно печатались в журналах «Радио» 80-х годов. Основные параметры, по которым производится подбор отечественного аналога транзистора, следующие:

h_{21e} — коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером (старое обозначение β);

h_{21b} — коэффициент передачи тока в схеме с общей базой (старое обозначение α);

$P_{с.\,макс}$ — максимальная мощность рассеивания на коллекторе;

$I_{с.\,макс}$ — максимально допустимый ток коллектора;

$U_{с.\,макс}$ — максимально допустимое напряжение на коллекторе;

$f_{h21e}(f_\beta)$ — граничная частота передачи тока в схеме с общим эмиттером;

$f_{h21b}(f_\alpha)$ — граничная частота передачи тока в схеме с общей базой;

$f_т(f_{гр})$ — максимальная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером;

F — коэффициент шума, показывающий, во сколько раз величина шумов на выходе реального транзистора больше величины шумов на входе такого же идеального транзистора.

Аналоги полупроводниковых диодов подбираются по следующим параметрам:

$U_R(U_{обр})$ — постоянное обратное напряжение;

$I_R(I_{обр})$ — постоянный обратный ток;

$U_F(U_{пр})$ — постоянное прямое напряжение;

$U_z(U_{ст})$ — напряжение стабилизации;

$I_z(I_{ст})$ — ток стабилизации;

$P_{макс}$ — постоянная максимальная мощность рассеивания на диоде;

$C_{tot}(C_д)$ — емкость между выводами диода при напряжении смещения.

Рекомендации по замене полупроводниковых диодов, транзисторов и микросхем

При подборе аналога зарубежного транзистора необходимо знать его основные параметры и характеристики: структуру (*p—n—p* или *n—p—n*), исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен транзистор (германий или кремний), функциональное назначение транзистора (усилитель низкочастотный или высокочастотный), предельно допустимые режимы работы и основные электрические параметры ($P_{с.макс} I_{с.макс} U_{с.макс} h_{21}$).

Основные параметры транзисторов зарубежного производства приведены в таблице. Подбирать отечественный аналог необходимо такого же типа проводимости (*n — p — n* или *p — n — p*) и такого же материала (германий или кремний), т. к. у них разные напряжения смещения, температурная стабильность и другие показатели.

Если аналог подобран, то перед установкой в схему его необходимо проверить при помощи прибора для испытания транзисторов.

Если же такой прибор отсутствует, то ориентировочно исправность транзистора можно проверить омметром, измеряя сопротивление $p-n$-перехода. Прямое сопротивление эмиттерного и коллекторного переходов — десятки Ом, несколько больше у кремниевых транзисторов и меньше у германиевых, а обратное — десятки кОм (рис. 6.7, 6.8). Сопротивление между эмиттером и коллектором десятки — сотни кОм и больше (рис. 6.9, 6.10).

Если величины сопротивлений переходов примерно соответствуют указанным величинам, то транзистор не имеет внутренних обрывов и

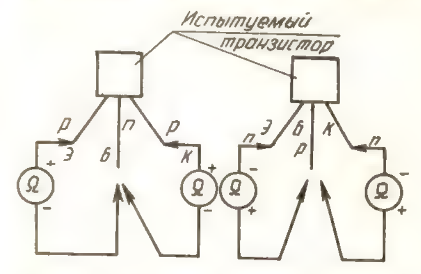


Рис. 6.7. Измерение прямого сопротивления переходов *p-n-p* и *n-p-n* транзисторов

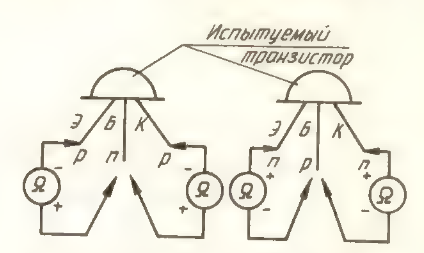


Рис. 6.8. Измерение обратного сопротивления переходов *p-n-p* и *n-p-n* транзисторов

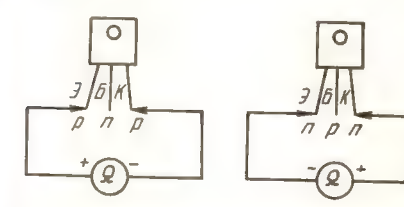


Рис. 6.9. Измерение сопротивления между коллектором и эмиттером (показания омметра меньше)

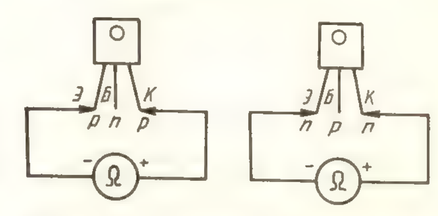


Рис. 6.10. Измерение сопротивления между эмиттером и коллектором (показания омметра больше)

пробоев. Перед установкой в схему необходимо обязательно выяснить и установить причину выхода транзистора из строя (особенно в выходных каскадах УЗЧ).

Иногда на транзисторах (чаще японских) отсутствует общепринятая маркировка, а стоит символ фирмы, и возникает необходимость определить выводы эмиттера, базы и коллектора, тип транзистора $p-n-p$ или $n-p-n$, когда принципиальная схема отсутствует. Ориентировочно это можно сделать при помощи омметра. Сначала определим вывод базы, у которого сопротивление относительно двух других выводов большое (при обратном включении) или малое (при прямом включении). Затем определим выводы эмиттера и коллектора по величине сопротивлений. У эмиттерного перехода прямое сопротивление больше, чем у коллекторного. А по полярности источника питания омметром определим тип $p-n-p$ или $n-p-n$.

Подбор отечественного аналога надо проводить с учетом специфических особенностей каждой конкретной электрической схемы и роли, выполняемой полупроводниковым прибором в ней. Например, если вышел со строя один из выходных транзисторов УЗЧ, то целесообразно заменить оба выходных транзистора (особенно комплементарные пары), так как

отличие одного аналога только по коэффициенту передачи тока вызовет дополнительные нелинейные искажения и т. д.

При отсутствии принципиальной схемы аппарата помощь в ремонте окажут типичные схемы включения зарубежных транзисторов в аппаратуре звуковой частоты (Приложение № 4).

При подборе схем большое внимание следует уделить выходным каскадам УЗЧ, т. к. именно в этих каскадах чаще возможны неисправности и выходы из строя транзисторов. Причинами могут быть: короткое замыкание в нагрузке, длительная работа при максимальном сигнале и повышенной температуре окружающей среды, да и токи в этих каскадах бóльшие, чем в других.

В практике встречались случаи выхода из строя транзисторов, а схема аппарата и маркировка транзистора отсутствовали.

В этом случае проводилась ориентировочная замена зарубежного транзистора отечественным по функциональным признакам. К примеру, вышел из строя транзистор предварительного усилителя воспроизведения. По полярности питания коллекторных цепей определяли тип транзистора (*n—p—n* или *p—n—p*) и ставили отечественный, работающий в аналогичной цепи магнитофонов, предварительно измерив величину напряжения питания.

При установке в схему другого транзистора необходимо проверить режим работы по постоянному току. Если режим работы не соответствует данным, приведенным на схеме, то подбором соответствующих резисторов необходимо установить его.

В транзисторных каскадах с непосредственной связью изменение режима работы одного каскада приводит к изменению режимов других каскадов, и это необходимо учитывать.

В выходных бестрансформаторных УЗЧ для регулировки режима обычно имеется подстроечный резистор.

Полупроводниковые диоды в основном применяются в выпрямителях, цепях коммутации, стабилизаторах напряжения и др. В выпрямителях и стабилизаторах в основном применяются кремниевые диоды. Вместо выпрямительных диодов используют аналогичные отечественные.

Точнее должны подбираться стабилитроны с одинаковым напряжением, током стабилизации и мощностью.

Значительно сложнее вопрос замены вышедших со строя микросхем зарубежного производства, т. к. практически отсутствуют отечественные аналоги, за исключением нескольких типов усилительных микросхем, применяемых в аппаратах магнитной записи.

Перед тем как сделать заключение о годности микросхемы, надо тщательно проверить ее контакты и контакты окружающих элементов, режим питания, степень нагрева. Если микросхема быстро и сильно разогревается при включении питания, то, возможно, в ней пробой, или не соответствует режим питания, или изменение сопротивления нагрузки (особенно в выходных УЗЧ). Сложности часто возникают из-за отсутствия принципиальных схем аппаратов и схем включения микросхем. На рисунках Приложений № 5, 6 приведены принципиальные схемы некоторых зарубежных аппаратов и типичные схемы включения микросхем широкого применения. Большое внимание уделено микросхемам выходных каскадов УЗЧ, так как они чаще других выходят из строя. В магнитофонах микросхемы применяются в стабилизаторах питания, стабилизаторах скорости вращения двигателей, предварительных усилителях воспроизведения и записи, устройствах шумопонижения (специальные шумоподавители «Долби-В, -С» и др.), в устройствах управления ЛПМ, в схемах программного управления аппаратом. В основном используются усили-

тельные микросхемы, кроме устройств управления, где применяют цифровое. Если после тщательной проверки пришли к заключению о негодности микросхемы, надо точно установить ее функциональное назначение (это усилитель воспроизведения, оконечный усилитель мощности и т. д.). После этого подобрать отечественную микросхему с аналогичным функциональным назначением и параметрами, соответствующими каскаду, блоку, вышедшему из строя. Замену следует производить не только самой микросхемы, но и всех ее внешних цепей (коррекции, питания и т. п.), т. е. в таком случае можно рекомендовать замену части схемы зарубежного аппарата с вышедшей из строя микросхемой на вновь изготовленную схему с отечественной микросхемой (или на транзисторах с аналогичным назначением и параметрами. Для этого придется разработать и новую печатную плату, если имеется место для ее размещения). Например, если вышли из строя микросхемы шумоподавителя «Долби-В», а отечественных микросхем аналогичного функционального назначения нет, то можно изготовить новый шумоподавитель «Долби-В» на отечественных элементах и после настройки включить его в схему. Еще сложнее, если выходит из строя микросхема электронного управления ЛПМ магнитофона. Это, как правило, большие микросхемы до 20...30 выводов. Даже приближенной замены им нет. Для восстановления нормальной работы такого ЛПМ, возможно, придется переделать всю схему управления и построить ее на отечественных элементах. Примеры таких схем неоднократно публиковались в журналах «Радио» последних лет.

АНАЛОГИ МИКРОСХЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 1

Тип микросхемы	Фирма	Отечественный аналог	Функциональное назначение
1	2	3	4
TDA2611A	PHIN	К1021УН1	УЗЧ (усилитель звуковой частоты)
TAA960	SIC	КР123УН1А	УЗЧ
TAA960	SIC	КР123УН1Б	УЗЧ
TAA960	SIC	КР123УН1В	УЗЧ
μA702C	FSC	КР140УД1Б	ОУ (операционный усилитель) питание +12,6; −12,6 В
μA702C	FSC	КР140УД1В	ОУ
CA3030	RCA	КР140УД5А	Быстродействующий ОУ, частота среза 14 МГц, коэффициент усиления 500
CA3030	RCA	КР140УД5Б	Быстродействующий ОУ, частота среза 14 МГц, коэффициент усиления 1000
MC1456	MOTA	КР140УД6	ОУ с встроенной частотной коррекцией
μA741	FSC	КР140УД7	ОУ с встроенной частотной коррекцией; коэффициент усиления 30 000±±15 В
μA740	FSC	КР140УД8А	ОУ с высоким входным сопротивлением (100 МОм) ±15 В
μA740	FSC	КР140УД8Б	То же
μA740	FSC	КР140УД8В	То же
μA709	FSC	КР140УД9	ОУ
LM318	NSC	КР140УД11	Быстродействующий ОУ
μA776C	FSC	КР140УД12	Микромощный ОУ с регулируемым потреблением мощности
LM308	NSC	КР140УД14Б	Прецизионный ОУ с малым входным током и потребляемой мощностью
LM308	NSC	КР140УД14Б	
LF355	NSC	КР140УД18	Широкополосный ОУ, коэффициент усиления 25 000±15 В
μA747C	FSC	КР140УД20А	Сдвоенный ОУ с встроенной частотной коррекцией и защитой от короткого замыкания
MA747C	FSC	КР140УД20Б	
SFC2741	THEF	КФ140УД7	ОУ среднего класса точности, коэффициент усиления 25 000, питание ±15 В
LM2900	NSC	К1401УД1	Четыре ОУ в одном корпусе, коэффициент усиления 2000, питание +5 В, 8 мА
LM124D	NSC	К1401УД2А	Четыре ОУ в одном корпусе, коэффициент усиления 50 000±15 В, 3 мА
LM124D	NSC	К1401УД2Б	Четыре ОУ в одном корпусе, коэффициент усиления 25 000, питание +5 В, 2 мА

1	2	3	4
TDB0146D	THEF	К1401УД3	Четыре ОУ в одном корпусе, коэффициент усиления 50 000, питание ±15 В, 2,5 мА
LM4250	NSC	КР1407УД2	Программируемый малошумящий ОУ, коэффициент усиления 50 000, питание ±12 В
EK-41		КР1407УД3	Программируемый малошумящий ОУ, коэффициент усиления 10 000, питание ±12 В
TAB1042	PLSB	КФ1407УД4	4-канальный малошумящий низковольтный ОУ, ±1,5 В, 2 мА
LM343	NSC	КР1408УД1	Высоковольтный ОУ, коэффициент усиления 70 000, питание ±27 В
CA3140	RCA	К1409УД1А	ОУ с полевыми транзисторами на входе, питание ±15 В
CA3140	RCA	К1409УД1Б	
μA723C	FSC	КР142ЕН1А	Регулируемый стабилизатор напряжения 3...12 В, 0,15 А
μA823C	FSC	КР142ЕН1Б	Регулируемый стабилизатор напряжения 3...12 В; 0,15 А
μA723C	FSC	КР142ЕН1В	»
MA723C	FSC	КР142ЕН1Г	»
μA723C	FSC	КР142ЕН2А	Регулируемый стабилизатор напряжения 12...30 В, 0,15 А
μA723C	FSC	КР142ЕН2Б	»
μA723C	FSC	КР142ЕН2В	»
μA723C	FSC	КР142ЕН2Г	
μA805T	FSC	КР142ЕН5А	Стабилизатор напряжения 5 В, 1,5 А
μA806T	FSC	КР142ЕН5Б	Стабилизатор напряжения 6 В, 1,5 А
μA805T	FSC	КР142ЕН5В	Стабилизатор напряжения 5 В, 2 А
μA806T	FSC	КР142ЕН5Г	Стабилизатор напряжения 6 В, 2 А
ESG7808P	SGL	КР142ЕН8А	Стабилизатор напряжения 9 В, 1,5 А
ESG7812P	SGL	КР142ЕН8Б	То же 12 В, 1,5 А
ESG7815P	SGL	КР142ЕН8В	» 15 В, 1,5 А
ESG7808P	SGL	КР142ЕН8Г	» 9 В, 1 А
ESG7812P	SGL	КР142ЕН8Д	» 12 В, 1 А
ESG7815P	SGL	КР142ЕН8Е	» 15 В, 1 А
ТДА1029	SIC	К174КП1	Коммутатор сигналов звуковой частоты
TAA300	PHIN	К174УНЧА	УЗЧ
TAA300	PHIN	К174УНЧБ	УЗЧ
TCA940	SGL	К174УН9А	УЗЧ с защитой от КЗ и перегрева 7 Вт, 0,04...20 кГц
TCA940	SGL	К174УН9Б	УЗЧ с защитой от КЗ и перегрева, 7 Вт, 0,04...16 кГц
TCA740	PHIN	К174УН10А	Сдвоенный электронный регулятор тембра
TCA740	PHIN	К174УН10Б	То же
ТДА2020	SGL	К174УН11	УЗЧ, 15 Вт
TCA730	PHIN	К174УН12	Сдвоенный электронный регулятор громкости и баланса
ТДА1002А	PHIN	К174УН13	Усилитель записи с АРУ и предварительный усилитель воспроизведения
ТДА2003	SGL	К174УН14	УЗЧ
ТДА2004	SGL	К174УН15	2-канальный УЗЧ с защитой от КЗ и перегрева, 9 Вт, 0,03...20 кГц
AN7145M	MAIJ	К174УН18	2-канальный УЗЧ, 2 Вт

1	2	3	4
NE545B	SIC	К174ХА3А	Шумоподавитель DOLBY-B
NE5458	SIC	К174ХА3Б	То же
LM387	NSC	КР538УН3А	Малошумящий широкополосный предварительный УЗЧ
LM387	NSC	КР538УН3Б	То же
μA740C	FSC	КР544УД1А	ОУ с высоким входным сопротивлением, коэффициент усиления 50 000
μA740C	FSC	КР544УД1Б	ОУ с высоким входным сопротивлением, коэффициент усиления 20 000
LF357	NSC	КР544УД2А	ОУ с высоким входным сопротивлением и повышенным быстродействием
LF357	NSC	КР544УД2Б	
LF357	NSC	КР544УД2В	
LM381	NSC	К548УН1А	2-канальный малошумящий усилитель
LM381	NSC	К548УН1Б	То же
LC549	NSC	К548УН3	Высококачественный усилитель для слуховых аппаратов
μA725B	FSC	КМ551УД1А	Прецизионный малошумящий ОУ с коэффициентом усиления 500 000
μA725C	FSC	КМ551УД1Б	Прецизионный малошумящий ОУ с коэффициентом усиления 250 000
μA709A	FSC	К553УД1А	Микромощный ОУ с коэффициентом усиления 15 000
μA709A	FSC	К553УД1В	Микромощный ОУ с коэффициентом усиления 25 000
LM301	NSC	К553УД2	ОУ с коэффициентом усиления 20 000
AD513	ANA	К574УД1А	Быстродействующий ОУ
AD513	ANA	К574УД1Б	То же
AD513	ANA	К574УД1В	То же
TL083	T11	К754УД2А	2-канальный малошумящий ОУ с полевыми транзисторами на входе
TL083	T11	К574УД2Б	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 1

Тип транзистора	$h_{21e}/I_К$, мА	F, дБ	f_{max}, МГц	$C_{к б}$, пФ	$U_{к max}$, В	$I_{К max}$, мА	$P_{К max}$, мВт/°C	°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2018 *n-p-n*	20...60/500	—	10	—	150	2000	40Вт/25с	175
2N2019 *n-p-n*	20...60/500	—	10	—	200	2000	40Вт/25с	175
2N2020 *n-p-n*	40...120/500	—	10	—	150	2000	40/25с	175
2N2021 *n-p-n*	40...120/500	—	10	—	200	2000	40/25с	175
2N2032 *n-p-n*	>20/2000	—	>3	—	45		45Вт/100с	175
2N2038 *n-p-n*	12...36/200	—	>2	80	35е	—	600/25а	130
2N2039 *n-p-n*	30...90/200	—	>2	80	60е	—	600/25а	130
2N2040 *n-p-n*	12...36/200	—	>2	80	35е	—	600/25а	130
2N2041 *n-p-n*	12...36/200	—	>2	80	35е	—	600/25а	130
2N2042 *p-n-p*	20...50/5	—	>0,5	—	55е	200	200/25а	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2043 *p-n-p*	20...50/5	—	>0,5	—	55е	200	200/25а	100
2N2049 *n-p-n*	100...300/150	0,6	86	17	50е	—	800/25а	200
2N2060 *n-p-n*	50...150/10	<8	100	12	80е	500	500/25а	200
2N2060A *n-p-n*	50...150/10	<8	100	12	80е	500	500/25а	200
2N2075 *p-n-p*	25...100/1200	—	—	—	80	15А	140/25с	110
2N207Б *p-n-p*	25...100/1200	—	—	—	70	15А	140/25с	110
2N2077 *p-n-p*	25...100/1200	—	—	—	50	15А	140/25с	110
2N2078 *p-n-p*	25...100/1200	—	—	—	40	15А	140/25с	110
2N2079 *p-n-p*	40...160/1200	—	—	—	80	15А	140/25с	110
2N2080 *p-n-p*	40...160/1200	—	—	—	70	15А	140/25с	110
2N2081 *p-n-p*	40...160/1200	—	—	—	50	15А	140/25с	110
2N2082 *p-n-p*	40...160/1200	—	—	—	40	15А	140/25с	110
2N2096 *p-n-p*	35/400	—	400	15	25в	500	500/25а	100
2N2097 *p-n-p*	35/400	—	400	15	40	500	500/25а	100
2N2101 *n-p-n*	15...60/1000	—	—	—	40е	3000	75/25с	200
2N2102 *n-p-n*	40...120/150	—	60	15	65е	—	5000/25с	200
2N2106 *n-p-n*	12...36/200	—	15	—	60	—	1000/25а	150
2N2107 *n-p-n*	30...90/200	—	15	—	60	—	1000/25а	150
2N2109 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	50е	30А	250/60с	175
2N2110 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	100е	30А	250/60с	175
2N2111 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	100е	30А	250/60с	175
2N2112 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	200е	30А	250/60с	175
2N2113 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	200е	30А	250/60с	175
2N2114 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	300е	30А	250/60с	175
2N2116 *n-p-n*	>10/1БА	—	0,2	—	50е	30А	250/60с	175
2N2164 *p-n-p*	40/1	—	>24	<10	8е	—	150/25а	140
2N2165 *p-n-p*	25/1	—	>10	<10	30	—	150/25а	150
2N2166 *p-n-p*	25/1	—	>10	<10	12	—	150/25а	150
2N2167 *p-n-p*	38/1	—	>16	<10	8е	–	150/25а	140
2N2171 *p-n-p*	110...250/20	—	7,5	—	25е	400	225/25а	100
2N2175 *p-n-p*	>30/0,02	—	—	7	6	50	100/25а	175
2N2176 *p-n-p*	>30/0,02	—	—	7	6	50	100/25а	175
2N2177 *p-n-p*	>70/0,05	—	—	7	6	50	100/25а	160
2N2178 *p-n-p*		—	—	7	6	50	100/25а	160
2N2185 *p-n-p*	—	—	—	6	30	50	150/25а	140
2N2187 *p-n-p*	—	—	—	6	30	50	150/25а	140
2N2192 *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2192A *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2192B *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2193 *n-p-n*	40...120/150	—	>50	<20	50е	1000	800/25а	200
2N2193A *n-p-n*	40...120/150	—	>50	<20	50е	1000	800/25а	200
2N2193B *n-p-n*	40...120/150	—	>50	<20	50е	1000	800/25а	200
2N2194 *n-p-n*	20...60/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2194A *n-p-n*	20...60/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2194B *n-p-n*	20...60/150	—	>50	<20	40е	1000	800/25а	200
2N2195 *n-p-n*	>20/150	—	>50	<20	25е	1000	600/25а	200
2N2195A *n-p-n*	>20/150	—	>50	<20	25е	1000	600/25а	200
2N2195B *n-p-n*	>20/150	—	>50	<20	25е	1000	600/25а	200
2N2196 *n-p-n*	30...90/200	—	15	59	60е	—	2000/25а	175
2N2197 *n-p-n*	75...200/200	—	15	50	60е	—	200/25а	175
2N2201 *n-p-n*	30...90/10	—	15	—	100е	—	10/25с	175
2N2117 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	100е	30А	250/60с	175
2N2118 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	100е	30А	250/60с	175
2N2119 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	200е	30А	250/60с	175
2N2120 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	200е	30А	250/60с	175
2N2123 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	50е	30А	250/60с	175

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2124 *n-p-n*	>10/20A	—	0,2	—	100e	30A	250/60c	175
2N2125 *n-p-n*	>10/20A	—	0,2	—	100e	30A	250/60c	175
2N2126 *n-p-n*	>10/20A	—	0,2	—	200e	30A	250/60c	175
2N2130 *n-p-n*	>10/25A	—	0,2	—	50e	30A	250/60c	175
2N2131 *n-p-n*	>10/25A	—	0,2	—	100e	30A	250/60c	175
2N2132 *n-p-n*	>10/25A	—	0,2	—	100e	30A	250/60c	175
2N2133 *n-p-n*	>10/25A	—	0,2	—	200e	30A	250/60c	175
2N2137 *p-n-p*	30...60/600	—	0,6	—		3000	63/25c	100
2N2146 *p-n-p*	50...100/500							
2N2147 *p-n-p*	100...150/1000	—	4	—	50e	5000	12/81c	100
2N2148 *p-n-p*	40...80/1000	—	4	—	40e	5000	12/81c	100
2N2150 *n-p-n*	>20/100	—	>10	—	80e	2000	30/100c	200
2N2151 *n-p-n*	>40/100	—	>10	—	80e	2000	30/100c	200
2N2152 *p-n-p*	50...100/5000	—	>0,3	—	45	30A	170/25c	110
2N2153 *p-n-p*	50...100/5000	—	>0,3	—	60	30A	170/25c	110
2N2154 *p-n-p*	50...100/5000	—	>0,3	—	75	30A	170/24c	110
2N2156 *p-n-p*	80...160/5000	—	>0,3	—	45	30A	170/25c	110
2N2157 *p-n-p*	80...160/5000	—	>0,3	—	60	30A	170/25c	110
2N2158 *p-n-p*	80...160/5000	—	>0,3	—	75	30A	170/25c	110
2N2162 *p-n-p*	35/1	—	>14	10	30	—	150/25a	140
2N2163 *p-n-p*	35/1	—	>14	10	15	—	150/25a	140
2N2205 *n-p-n*	20/10	—	>200	6	20e	200	300/25a	175
2N2206 *n-p-n*	40...120/10	—	>200	6	20e	200	300/25a	175
2N2210 *p-n-p*	25...50/5000	—	—	—	100A	15A	75/25c	100
2N2212 *p-n-p*	50...120/5000	—	—	—	70e	10A	60/25c	110
2N2217 *n-p-n*	20...60/150	—	>250	4	30e	—	800/25a	175
2N2218 *n-p-n*	40...120/50	—	>250	8	40e	500	800/25a	175
2N2218A *n-p-n*	40...120/150	<4	350	5	40e	—	800/25a	175
2N2219 *n-p-n*	100...300/150	—	>250	8	30e	500	800/25a	175
2N2219A *n-p-n*	100...300/150	<4	400	5	40e	—	800/25a	175
2N2223 *n-p-n*	>15/0,01	—	>50	15	60	—	600/25a	200
2N2223A *n-p-n*	>15/0;01	—	>50	15	60	—	600/25a	200
2N2226 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	50e	10A	150/75c	150
2N2227 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	50e	10A	150/75c	150
2N2228 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	150e	10A	150/75c	150
2N2229 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	150e	10A	150/75c	150
2N2230 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	50e	10A	150/75c	150
2N2231 *n-p-n*	>400/10A.	—	0,5	—	50e	10A	150/75c	150
2N2232 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	150e	10A	150/75c	150
2N2233 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	150e	10A	150/75c	150
2N2239 *n-p-n*	30...200/200	—	2,5	—	50e	500	10/25c	175
2N2243 *n-p-n*	40...120/150	—	130	<15	80e	1000	800/25a	200
2N2243A *n-p-n*	40...120/150	—	130	<15	80e	1000	800/25a	200
2N2273 *p-n-p*	20...150/1	12	360	<3,5	15e	100	150/25a	100
2N2274 *p-n-p*	>10/5	—	>6	<16	25	50	150/26a	140
2N2275 *p-n-p*	>10/5	—	>6	<16	25	50	150/26a	140
2N2276 *p-n-p*	>10/5	—	>6	<16	10e	50	150/25a	140
2N2277 *p-n-p*	>10/5	—	>6	<16	10e	50	150/25a	140
2N2278 *p-n-p*	>10/5	—	>7,6	<16	15	50	150/25a	140
2N2279 *p-n-p*	>10/5	—	>7,6	<16	15	50	150/25a	140
2N2280 *p-n-p*	—	—	—	7	6e	50	150/25a	140
2N2281 *p-n-p*	—	—	—	7	6e	50	150/25a	140
2N2282 *p-n-p*	30...90/500	—	2,5	—	30e	3000	5000/25c	110
2N2283 *p-n-p*	30...90/500	—	2,5	—	30e	3000	5000/25c	110
2N2284 *p-n-p*	30...90/500	—	2,5	—	100e	3000	5000/25c	110
2N2285 *p-n-p*	>20/25A	—	0,6	—	30e	25A	100/25c	110

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2286 *p-n-p*	>20/25A	—	0,6	—	30e	25A	100/25c	110
2N2287 *p-n-p*	>20/25A	—	0,6	—	80e	25A	100/25c	110
2N2288 *p-n-p*	20...60/5000	—	1,5	—	40	10A	60/25c	110
2N2289 *p-n-p*	20...60/5000	—	1,5	—		10A	60/25c	110
2N2290 *p-n-p*	20...60/5000	—	1,5	—	120	10A	60/25c	110
2N2291 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—	40	10A	60/25c	110
2N2292 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—		10A	60/25c	110
2N2293 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—	120	10A	60/25c	110
2N2294 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—	40	10A	60/25c	110
2N2295 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—		10A	60/25c	110
2N2296 *p-n-p*	50...120/5000	—	1,5	—	120	10A	60/25c	110
2N2297 *n-p-n*	40...120/150	—	90	8	35e	1000	800/25a	200
2N2303 *p-n-p*	75...200/150	—	>60	<45	35e	—	600/25a	175
2N2305 *n-p-n*	15...60/800	—	1	200	40e	6000	85/25c	200
2N2332 *p-n-p*	—	—	1	7	15	100	150/25a	200
2N2333 *p-n-p*	—	—	1	7	15	100	150/25a	200
2N2334 *p-n-p*	—	—	1	7	30	100	150/25a	200
2N2335 *p-n-p*	—	—	1	7	30	100	150/25a	200
2N2336 *p-n-p*	—	—	1	7	50	100	150/25a	200
2N2337 *p-n-p*	—	—	1	7	50	100	150/25a	200
2N2351 *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40e	1000	800/25a	200
2N2352 *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40e	1000	800/25a	200
2N2353 *n-p-n*	100...300/150	—	>50	<20	40e	1000	800/25a	200
2N2357 *p-n-p*	>15/50A	—	—	—	60	50A	170вт/25c	110
2N2358 *p-n-p*	>15/50A	—	—	—	100	50A	170вт/25c	110
2N2359 *p-n-p*	>15/50A	—	—	—	100	50A	170вт/25c	110
2N2370 *p-n-p*	>15/0,03	<8	>2	<15	15	50	200/25a	200
2N2371 *p-n-p*	>15/0,03	<8	>2	<15	15	50	200/25a	200
2N2372 *p-n-p*	>15/0,03	<8	>2	<15	15	50	150/25a	200
2N2373 *p-n-p*	>15/0,03	<8	>2	<15	15	50	150/25a	200
2N2377 *p-n-p*	15...120/1	—	20	<12	15	50	150/25a	140
2N2378 *p-n-p*	15...120/1	—	20	<12	15	50	150/25a	140
2N2381 *p-n-p*	45/200	—	400	6	15e	500	300/25a	100
2N2382 *p-n-p*	45/200	—	400	6	15e	500	300/25a	100
2N2387 *n-p-n*	>60/0,5	4	30	8	45	—	600/25c	175
2N2388 *n-p-n*	>150/0,5	3	30	8	45	—	600/25c	175
2N2424 *p-n-p*	30...200/5	—	>15	<14	5e	50	375/25a	160
2N2425 *p-n-p*	25...110/5	—	>10	<14	10e	50	375/75a	160
2N2427 *n-p-n*	20...60/0,01	—	50	8	40	—	500/25a	200
2N2432 *n-p-n*	>30/0,1	—	>20	12	30	100	300/25a	175
2N2443 *n-p-n*	50...150/50	5	80	12	100e	—	800/25a	200
2N2445 *p-n-p*	30...60/10A	—	—	—	50e	15A	90вт/35c	100
2N2453 *n-p-n*	>80/0,01	<7	>6	<8	30e	—	300/25a	200
2N2453 *n-p-n*	150...600/1	<7	>6	<8	60б	—	700/100c	200
2N2474 *p-n-p*	15/1	—	0,5	—	30	50	250/25a	160
2N2480 *n-p-n*	60...220/20	8	>50	<20	40e	—	300/25a	200
2N2480 *n-p-n*	33...110/1	8	>50	<20	75б	—	570/100c	200
2N2483 *n-p-n*	280(<500)/10	1,9	60	3,5	60	—	360/25a	200
2N2484 *n-p-n*	200(>100)/1,5	4	60	3,5	60	—	680/100c	200
2N2490 *p-n-p*	20...40/5000	—	—	—	60e	15A	125Вт/25c	100
2N2491 *p-n-p*	35...70/5000	—	—	—	50e	15A	125Вт/25c	100
2N2492 *p-n-p*	25...50/5000	—	—	—	70e	15A	125Вт/25c	100
2N2493 *p-n-p*	25...50/5000	—	—	—	70e	15A	125Вт/25c	100
2N2509 *n-p-n*	>40/10	7	45	6	80e	200	680/100c	200
2N2510 *n-p-n*	150...500/10	4	45	6	65e	200	680/100c	200
2N2511 *n-p-n*	>80/1мA	4	45	6	50e	200	360/25a	200
2N2526 *p-n-p*	20...50/3000	—	>0,7	—	80	10A	85Вт/25c	110

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2527 *p-n-p*	20...50/3000	—	>0,7	—	120	10A	85Вт/25с	110
2N2528 *p-n-p*	20...50/3000	—	>0,7	—	160	10A	85Вт/25с	110
2N2569 *n-p-n*	>50/100	—	>100	<10	15е	500	300/25а	200
2N2570 *n-p-n*	>50/100	—	>100	<10	15е	500	300/25а	200
2N2580 *n-p-n*	10...40/5000	—	—	—	325е	10A	70Вт/100с	150
2N2581 *n-p-n*	10...40/5000	—	—	—	400	10A	70Вт/100с	150
2N2582 *n-p-n*	10...40/5000	—	—	—	325е	10A	70Вт/100с	150
2N2583 *n-p-n*	10...40/5000	—	—	—	500	10A	70Вт/100с	150
2N2586 *n-p-n*	>80/1мА	2	>45	6	45е	30	300/25а	175
2N2590 *p-n-p*	40...80/5	—	75	<5	60е	—	400/25а	200
2N2591 *p-n-p*	40...80/5	—	100	<5	60е	—	400/25а	200
2N2594 *n-p-n*	50...150/100	—	40	20	80	—	5000/25с	200
2N2596 *p-n-p*	40...100/5	—	90	<6	60е	—	400/25а	200
2N2597 *p-n-p*	40...100/5	—	120	<6	60е	—	400/25а	200
2N2599 *p-n-p*	40...100/5	—	90	<6	80е	—	400/25а	200
2N2599A *p-n-p*	40...100/5	—	90	<6	125	—	400/25а	200
2N2600 *p-n-p*	80...200/5	—	120	<6	80е	—	400/25а	200
2N2600A *p-n-p*	80...200/5	—	120	<6	125	—	400/25а	200
2N2601 *p-n-p*	18...90/1	—	60	<6	60	—	400/25а	200
2N2602 *p-n-p*	18...90/1	—	90	<6	60	—	400/25а	200
2N2603 *p-n-p*	76...333/1	—	120	<6	60	—	400/25а	200
2N2604 *p-n-p*	40...120/0,01	4	>30	—	45е	30	400/25а	200
2N2605 *p-n-p*	40...120/0,01	3	>30	—	45е	30	400/25а	200
2N2612 *p-n-p*	85...250/10A	—	—	—	65	15A	90Вт/25с	100
2N2635 *p-n-p*	>30/100	—	>150	<5	12е	100	150/25а	100
2N2639 *n-p-n*	50...300/0,01	<4	>80	<8	45е	30	600/25а	200
2N2640 *n-p-n*	50...300/0,01	<4	>80	<8	45е	30	600/25а	200
2N2642 *n-p-n*	100...300/0,01	—	>80	—	45е	30	600/25а	200
2N2643 *n-p-n*	100...300/0,01	—	>80	—	45е	30	600/25а	200
2N2644 *n-p-n*	100...300/0,01	—	>80	—	45е	30	600/25а	200
2N2645 *n-p-n*	100...300/150	0,6	86	17	50е	—	800/25а	200
2N2656 *n-p-n*	40...160/100	13	—	3	15е	200	360/25а	200
2N2657 *n-p-n*	40...120/1000	—	—	—	60е	5000	4000/25с	165
2N2658 *n-p-n*	40...120/1000	—	—	—	100	5000	4000/25с	165
2N2659 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	50б	3000	15Вт/25с	100
2N2660 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	70б	3000	15Вт/25с	100
2N2661 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	90	3000	15Вт/25с	100
2N2662 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	50б	3000	15Вт/25с	100
2N2663 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	70б	3000	15Вт/25с	100
2N2664 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	90	3000	15Вт/25с	100
2N2665 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	50б	3000	15Вт/25с	100
2N2666 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	70б	3000	15Вт/25с	100
2N2667 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	90	3000	15Вт/25с	100
2N2668 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	50б	3000	15Вт/25с	100
2N2669 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	70б	3000	15Вт/25с	100
2N2670 *p-n-p*	30...90/500	—	—	—	90	3000	15Вт/25с	100
2N2691 *p-n-p*	30...100/20A	—	—	—	100	50A	100Вт/25с	110
2N2691A *p-n-p*	50...120/20A	—	—	—	120	50A	170Вт/25с	110
2N2726 *n-p-n*	30...90/200	—	>15	—	200	500	5000/25с	200
2N2727 *n-p-n*	30...90/200	—	>15	—	200	500	5000/25с	200
2N2739 *n-p-n*	>10/10A	—	0,2	—	50е	20A	200Вт/75с	175
2N2740 *n-p-n*	>10/10A	—	0,2	—	100	20A	200Вт/75с	175
2N2741 *n-p-n*	>10/10A	—	0,2	—	150е	20A	200Вт/75с	175
2N2742 *n-p-n*	>10/10A	—	0,2	—	200	20A	200Вт/75с	175
2N2745 *n-p-n*	>10/15A	—	0,2	—	300	20A	200Вт/75с	175
2N2746 *n-p-n*	>10/15A	—	0,2	—	300	20A	200Вт/75с	175
2N2747 *n-p-n*	>10/15A	—	0,2	—	300	20A	200Вт/75с	175

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2748 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	300	20А	200Вт/75с	175
2N2751 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	300	20А	200Вт/75с	175
2N2752 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	300	20А	200Вт/75с	175
2N2753 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	300	20А	200Вт/75с	175
2N2754 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	300	20А	200Вт/75с	175
2N2757 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2758 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	100е	30А	200Вт/75с	175
2N2759 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	150	30А	200Вт/75с	175
2N2760 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	200е	30А	200Вт/75с	175
2N2761 *n-p-n*	>10/10А	—	0,2	—	250	30А	200Вт/75с	175
2N2763 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2764 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2765 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2766 *n-p-n*	>10/15А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2769 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2770 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2771 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2772 *n-p-n*	>10/20А	—	0,2	—	50е	30А	200Вт/75с	175
2N2781 *n-p-n*	7,5...75/350	—	>140	—	75	2000	15Вт/25а	175
2N2782 *n-p-n*	7,5...75/350	—	>140	—	100	2000	15Вт/25а	175
2N2783 *n-p-n*	7,5...75/350	—	>140	—	100	2000	15Вт/25а	175
2N2784 *n-p-n*	40...120/10	—	>1000	<3	15б	—	500/100с	200
2N2785 *n-p-n*	2...20×10^3/100	—	—	<35	40е	—	500/25а	200
2N2785A *n-p-n*	>600/1	—	—	<35	60б	—	1000/100с	200
2N2802 *p-n-p*	20...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2803 *p-n-p*	20...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2804 *p-n-p*	20...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2805 *n-p-n*	40...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2806 *n-p-n*	40...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2807 *n-p-n*	40...120/0,01	—	>60	—	20е	30	500/25а	200
2N2811 *n-p-n*	20...60/5000	—	>20	—	60е	10А	40Вт/100с	200
2N2812 *n-p-n*	20...60/5000	—	>20	—	60е	10А	40Вт/100с	200
2N2813 *n-p-n*	20...60/5000	—	20	—	80е	10А	40Вт/100с	200
2N2814 *n-p-n*	20...60/5000	—	20	—	80е	10А	40Вт/100с	200
2N2815 *n-p-n*	10...50/10А	—	>0,6	—	80	15А	200Вт/25а	200
2N2816 *n-p-n*	10...50/10А	—	>0,6	—	100	15А	200Вт/25а	200
2N2817 *n-p-n*	10...50/10А	—	>0,6	—	150	15А	200Вт/25а	200
2N2818 *n-p-n*	10...50/10А	—	>0,6	—	200	15А	200Вт/25а	200
2N2819 *n-p-n*	10...50/15А	—	>0,6	—	80	25А	200Вт/25а	200
2N2820 *n-p-n*	10...50/15А	—	>0,6	—	80	25А	200Вт/25а	200
2N2821 *n-p-n*	10...50/15А	—	>0,6	—	80	25А	200Вт/25а	200
2N2822 *n-p-n*	10...50/15А	—	>0,6	—	80	25А	200Вт/25а	200
2N2823 *n-p-n*	10...50/20А	—	>0,6	—	80	30А	200Вт/25а	200
2N2824 *n-p-n*	10...50/20А	—	>0,6	—	80	30А	200Вт/25а	200
2N2825 *n-p-n*	10...50/20А	—	>0,6	—	80	30А	200Вт/25а	200
2N2832 *p-n-p*	25...100/10А	—	—	—	50е	20А	85Вт/25с	110
2N2833 *p-n-p*	25...100/10А	—	—	—	75е	20А	85Вт/25с	110
2N2834 *p-n-p*	25...100/10А	—	—	—	100е	20А	85Вт/25с	110
2N2861 *p-n-p*	30...120/0,01	1,5	60	—	20е	100	300/25а	200
2N2862 *p-n-p*	12...120/0,01	1,5	45	—	20е	100	300/25а	200
2N2866 *n-p-n*	20...60/500	—	>10	170	80е	2000	20Вт/100с	175
2N2867 *n-p-n*	20...60/500	—	>10	170	80е	2000	20Вт/100с	175
2N2868 *n-p-n*	40...120/150	—	>50	<20	40е	1000	2800/25с	200
2N2869 *p-n-p*	50...165/1000	—	0,45	—	50е	10А	30Вт/55с	100
2N2870 *p-n-p*	50...165/1000	—	0,45	—	80	10А	30Вт/55с	100
2N2875 *p-n-p*	20...60/500	—	>25	—	50е	2000	20Вт/100с	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N2881 *p-n-p*	20...60/500	—	1	—	60	2000	8750/25c	200
2N2882 *p-n-p*	20...60/500	—	1	—	100	2000	8750/25c	200
2N2887 *n-p-n*	15...80/350	—	—	<30	100	1200	25Вт/25c	200
2N2890 *n-p-n*	>20/100...2000	—	>30	<70	80е	—	2800/100c	200
2N2891 *n-p-n*	>35/100...2000	—	>30	<70	80е	—	2800/100c	200
2N2894 *p-n-p*	>25/10...100	—	>400	<6	12	200	360/25a	200
2N2903 *n-p-n*	>60/0,01	<7	>60	<8	30е	—	300/25a	200
2N2903A *n-p-n*	125...625/1				60б		700/100c	
2N2912 *p-n-p*	>75/10A	—	30	—	6е	25A	75Вт/25c	110
2N2913 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2914 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2915 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2916 *n-p-n*	>150/1	<4	>60	<6	45	30	3000/25c	200
2N2917 *n-p-n*	60...240/0,01	2	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2918 *n-p-n*	600...240/0,01	<3	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2919 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	60	30	600/25a	200
2N2920 *n-p-n*	>150/1	<4	>60	<6	60	30	3000/25c	200
2N2944 *p-n-p*	80...450/1	—	15	>10	10е	100	400/25a	200
2N2945 *p-n-p*	40...250/1	—	10	>10	20е	100	400/25a	200
2N2946 *p-n-p*	30...150/1	—	5	>10	35е	100	400/25a	200
2N2958 *n-p-n*	40...120/150	—	>250	>8	20е	600	600/25a	175
2N2959 *n-p-n*	40...120/150	—	>250	>8	20е	600	600/25a	175
2N2968 *p-n-p*	>15/1	—	>10	<6	10е	50	150/25a	140
2N2969 *p-n-p*	>15/1	—	>10	<6	10е	50	150/25a	140
2N2970 *p-n-p*	>10/1	—	>8	<6	20е	50	150/25a	140
2N2971 *p-n-p*	>10/1	—	>8	<6	20е	50	150/25A	140
2N2972 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2973 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	600/25a	200
2N2974 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	300/25a	200
2N2975 *n-p-n*	>150/1	<4	>60	<6	45	30	300/25a	200
2N2976 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	300/25a	200
2N2977 *n-p-n*	60...240/0,01	<4	>60	<6	45	30	300/25a	200
2N2978 *n-p-n*	>150/1	<4	>60	<6	60	30	750/25c	200
2N2979 *n-p-n*	>150/1	<4	>60	<6	60	30	750/25c	200
2N2983 *n-p-n*	20...60/1000	—	>18	—	80	3000	15Вт/100c	175
2N2984 *n-p-n*	20...60/1000	—	>18	—	120	3000	15Вт/100c	175
2N2985 *n-p-n*	40...120/1000	—	>18	—	80	3000	15Вт/100c	175
2N2986 *n-p-n*	40...120/1000	—	>18	—	120	3000	15Вт/100c	175
2N2987 *n-p-n*	25...75/200	—	>30	—	80	1000	15Вт/100c	200
2N2988 *n-p-n*	25...75/200	—	>30	—	120	1000	15Вт/100c	200
2N2989 *n-p-n*	60...120/200	—	>30	—	80	1000	15Вт/100c	200
2N2990 *n-p-n*	60...120/200	—	>30	—	120	1000	15Вт/100c	200
2N2991 *n-p-n*	25...75/200	—	>30	—	80	1000	15Вт/100c	200
2N2992 *n-p-n*	25...75/200	—	>30	—	120	1000	15Вт/100c	200
2N2993 *n-p-n*	60...120/200	—	>30	—	80	1000	15Вт/100c	200
2N2994 *n-p-n*	60...120/200	—	>30	—	120	1000	15Вт/100c	200
2N2995 *n-p-n*	30...90/200	—	10	—	100е	1000	1500/25a	150
2N3013 *n-p-n*	30...120/30	—	>350	<5	15е	500	360/25a	200
2N4014 *n-p-n*	35>15/300	—	>350	<5	40б	100	1200/25c	200
2N3021 *p-n-p*	20...60/1000	—	>60	—	30	3000	25Вт/25c	175
2N3022 *p-n-p*	20...60/1000	—	>60	—	45	3000	25Вт/25c	175
2N3023 *p-n-p*	20...60/1000	—	>60	—	60	3000	25Вт/25c	175
2N3024 *p-n-p*	50...180/1000	—	>60	—	30	3000	25Вт/25c	175
2N3036 *n-p-n*	>15/1000	—	>50	—	80е	1200	5000/100c	200
2N3053 *n-p-n*	50...250/150	—	100	15	40е	—	5000/25c	200
2N3054 *n-p-n*	25...100/500	—	1	—	55	4000	25Вт/25c	200
2N3055 *n-p-n*	20...70/4000	—	0,7	—	60	15A	115Вт/25c	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N3058 *p-n-p*	40...120/0,1мА	—	10	10	6	100	400/25а	200
2N3059 *p-n-p*	100...300/0,01	<3	—	<10	10б	100	400/25а	200
2N3060 *p-n-p*	30...60/1	—	5	10	60е	100	400/25а	200
2N3061 *p-n-p*	30...60/1	—	5	10	60е	100	400/25а	200
2N3062 *p-n-p*	>12/0,1...10	—	3	<10	80е	100	400/25а	200
2N3063 *p-n-p*	>30/0,1...10	—	5	<10	80е	100	400/25а	200
2N3064 *p-n-p*	15...45/1	—	2	<10	100е	100	400/25а	200
2N3065 *p-n-p*	15...45/1	—	2	<10	100е	100	400/25а	200
2N3077 *n-p-n*	80/1мА	3	15	<6	60е	50	360/25а	200
2N3077A *n-p-n*	100...400/0,01	<10	>60	<6	80б	50	1200/25с	200
2N3078 *n-p-n*	>25/1мА	<4	>15	<6	60е	50	360/25а	200
2N3078A *n-p-n*	40...120/0,01	<15	>60	<6	80б	50	120/25с	150
2N3079 *n-p-n*	10...50/5000	—	—	—	200	10А	70Вт/100с	
2N3080 *n-p-n*	10...50/5000	—	—	—	300	10А	70Вт/100с	
2N3197 *n-p-n*	150/150	3,5	86	<20	60е	1000	800/25а	200
2N3108 *n-p-n*	150/150	3,5	86	<20	60е	1000	800/25а	200
2N3109 *n-p-n*	150/150	3,5	86	<25	40е	1000	800/25а	200
2N3110 *n-p-n*	40...120/150	3,5	60	12	40е	500	800/25а	200
2N3110A *n-p-n*	40(>20)/0,1	3,5	60	12	80б	500	5000/25с	200
2N3114 *n-p-n*	30...120/30	—	40	6	150	100	800/25а	200
2N3114A *n-p-n*	35(>15)/0,1	—	40	6	150	100	5000/25с	200
2N3146 *p-n-p*	25...90/10А	—	0,5	—	65е	15А	150Вт/25а	100
2N3147 *p-n-p*	25...90/10А	—	0,5	—	75	15А	150Вт/25а	100
2N3202 *p-n-p*	20...60/1000	—	1	—	40	3000	8750/25с	200
2N3203 *p-n-p*	20...60/1000	—	1	—	60	3000	8750/25с	200
2N3208 *p-n-p*	20...60/500	—	1	—	40	2000	8750/25с	200
2N3212 *p-n-p*	30...90/3000	—	0,6	—	80е	5000	12Вт/25с	110
2N3213 *p-n-p*	30...90/3000	—	0,6	—	60	5000	12Вт/25с	110
2N3214 *p-n-p*	30...90/3000	—	0,6	—	40е	5000	12Вт/25с	110
2N3215 *p-n-p*	30...90/3000	—	0,6	—	30	5000	12Вт/25с	110
2N3217 *p-n-p*	—	—	10	—	10е	100	400/25а	200
2N3218 *p-n-p*	—	—	5	—	20	100	400/25а	200
2N3219 *p-n-p*	—	—	3	<14	35е	100	400/25а	200
2N3232 *n-p-n*	15...75/3000	—	1	—	60	10А	117Вт/25с	200
2N3233 *n-p-n*	18...55/3000	—	1	—	100	7500	67Вт/100с	200
2N3234 *n-p-n*	18...55/3000	—	1	—	160	7500	67Вт/100с	200
2N3235 *n-p-n*	20...70/4000	—	1	—	55	10А	117Вт/25с	200
2N3236 *n-p-n*	17...60/5000	—	1	—	90	15А	85Вт/100с	200
2N3237 *n-p-n*	12...36/10А	—	1	—	75е	20А	100Вт/100с	200
2N3238 *n-p-n*	8...25/10А	—	>1	80	80	15А	85Вт/100с	200
2N3239 *n-p-n*	8...25/10А	—	>1	80	80	15А	85Вт/100с	200
2N3240 *n-p-n*	8...25/10А	—	>1	—	160	15А	85Вт/100с	200
2N3263 *n-p-n*	>20/20А	—	>20	<900	110е	25А	80Вт/70с	200
2N3264 *n-p-n*	>20/20А	—	>20	<900	80е	25А	80Вт/70с	200
2N3265 *n-p-n*	>20/20А	—	>20	<900	110е	25А	80Вт/70с	200
2N3266 *n-p-n*	>20/20А	—	>20	<900	80е	25А	80Вт/70с	200
2N3311 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,4	—	30	5000	170Вт/25с	110
2N3212 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,4	—	45	5000	170Вт/25с	110
2N3313 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,4	—	60	5000	170Вт/25с	110
2N3314 *p-n-p*	100...200/3000	—	>0,4	—	30	5000	170Вт/25с	110
2N3315 *p-n-p*	100...200/3000	—	>0,4	—	45	5000	170Вт/25с	110
2N3316 *p-n-p*	100...200/3000	—	>0,4	—	60	5000	170Вт/25с	110
2N3317 *p-n-p*	—	—	>6,4	<9	30	50	150/25а	140
2N3318 *p-n-p*	—	—	>7,6	<9	15	50	150/25а	140
2N3319 *p-n-p*	—	—	>12	<10	6е	50	150/25а	140
2N3342 *p-n-p*	>30/5	—	—	<10	8е	—	250/25а	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N3343 *p-n-p*	>20/0,25	—	>2	7	25	5	250/25a	175
2N3344 *p-n-p*	>20/0,25	—	>2	7	30	5	250/25a	175
2N3345 *p-n-p*	>15/1	—	>2	7	50	50	250/25a	175
2N3346 *p-n-p*	>15/1	—	>2	7	50	50	250/25a	175
2N3350 *p-n-p*	100...300/0,01	4	>60	<6	45e	30	600/25a	200
2N3351 *p-n-p*	100...300/0,01	4	>60	<6	45e	30	600/25a	200
2N3418 *n-p-n*	20...60/1000	—	>40	—	60e	3000	10Вт/100с	175
2N3419 *n-p-n*	20...60/1000	—	>40	—	80	3000	10Вт/100с	175
2N3420 *n-p-n*	40...120/1000	—	>40	—	60e	3000	10Вт/100с	175
2N3421 *n-p-n*	40...120/1000	—	>40	—	80	3000	10Вт/100с	175
2N3427 *p-n-p*	100...350/100	—	7	—	30e	500	200/25a	100
2N3428 *p-n-p*	100...350/100	—	7	—	30e	500	200/25a	100
2N3429 *n-p-n*	>10/5000	—	0,25	—	50e	7500	150Вт/60с	175
2N3430 *n-p-n*	>10/5000	—	0,25	—	100e	7500	150ВТ/60с	175
2N3431 *n-p-n*	>10/5000		0,25	—	150	7500	150Вт/60с	175
2N3432 *n-p-n*	>10/5000	—	0,25	—	200e	7500	150Вт/60с	175
2N3433 *n-p-n*	>10/5000	—	0,25	—	250	7500	150Вт/60с	175
2N3439 *n-p-n*	40..100/20	—	>80	<10	350	1000	5000/25с	200
2N3440 *n-p-n*	40...160/20	—	>80	<10	250	1000	5000/25с	200
2N3441 *n-p-n*	20...80/500	—	1	—	140	3000	25Вт/25с	200
2N3442 *n-p-n*	20...70/3000	—	0,8	—	140	10A	117Вт/25с	200
2N3444 *n-p-n*	20...60/500	—	175	—	50e	1000	1000/25a	200
2N3445 *n-p-n*	20...60/3000	—	10	—	60e	7500	117Вт/25с	200
2N3446 *n-p-n*	20...60/3000	—	10	—	80	7500	117Вт/25с	200
2N3447 *n-p-n*	40...120/5000	—	10	260	60e	7500	115Вт/25с	200
2N3448 *n-p-n*	40...120/5000	—	10	260	80	7500	115Вт/25с	200
2N3461 *p-n-p*	>20/1000	—	—	—	60	3000	5000/25с	110
2N3467 *p-n-p*	40...120/500	—	>175	—	40	1000	1000/25a	200
2N3468 *p-n-p*	25...75/500	—	>160	—	50	1000	1000/25a	200
2N3470 *n-p-n*	>100/10A		0,5	—	50e	10A	150Вт/75с	150
2N3471 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	100	10A	150Вт/75с	150
2N3472 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	150e	10A	150Вт/75с	150
2N3473 *n-p-n*	>100/10A	—	0,5	—	200	10A	150Вт/75с	150
2N3474 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	50e	10A	150Вт/75с	150
2N3475 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	100	10A	150Вт/75с	150
2N3476 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	150e	10A	150Вт/75с	150
2N3477 *n-p-n*	>400/10A	—	0,5	—	200	10A	150Вт/75с	150
2N3487 *n-p-n*	20...60/3000	—	>10	—	60e	7500	117Вт/25с	200
2N3488 *n-p-n*	20...60/3000	—	>10	—	80	7500	117Вт/25с	200
2N3489 *n-p-n*	15...45/3000	—	>10	—	100e	7500	117Вт/25с	200
2N3490 *n-p-n*	40...120/5000	—	>10	—	60e	7500	117Вт/25с	200
2N3491 *n-p-n*	40...120/5000	—	>10	—	80	7500	117Вт/25с	200
2N3492 *n-p-n*	30...90/5000	—	>10	—	100e	7500	117Вт/25с	200
2N3506 *n-p-n*	40...200/1500	—	>60	—	40e	3000	1000/25a	200
2N3507 *n-p-n*	30...150/1500	—	>60	—	50e	3000	1000/25a	200
2N3527 *p-n-p*	25...75/0,1мА	—	10	<10	30	100	400/25a	200
2N3543 *n-p-n*	10...80/4500	—	150	<100	60	5000	60Вт/25с	175
2N3551 *n-p-n*	20...90/10A	—	>40	—	60e	12A	40Вт/100с	175
2N3552 *n-p-n*	20...90/10A	—	>40	—	80	12A	40Вт/100с	175
2N3566 *n-p-n*	150...600/10	—	>40	<25	30e	200	300/25a	125
2N3567 *n-p-n*	40...120/150	—	>40	<25	40	200	300/25a	125
2N3568 *n-p-n*	40...120/150	—	>60	<20	60e	500	300/25a	125
2N3569 *n-p-n*	100...300/150	—	>60	<20	40	500	300/25a	125
2N3579 *p-n-p*	30...150/1	—	100	<6	60e	—	400/25a	200
2N3580 *p-n-p*	60...300/1	—	100	<6	60e	—	400/25a	200
2N3581 *p-n-p*	80...200/0,1	—	120	<6	40e	—	400/25a	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N3582 *p-n-p*	100...400/0,1	—	120	<6	40е	—	400/25а	200
2N3583 *n-p-n*	>40/100	—	>100	<120	175е	5000	20Вт/100с	200
2N3584 *n-p-n*	25...100/1000	—	>100	<120	250е	5000	20Вт/100с	200
2N3585 *n-p-n*	25...100/1000	—	>100	<120	300	5000	20Вт/100с	200
2N3611 *p-n-p*	35...70/3000	—	>0,7	—	30е	7000	85Вт/25с	110
2N3612 *p-n-p*	35...70/3000	—	>0,7	—	45е	7000	85Вт/25с	110
2N3613 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,7	—	30е	7000	85Вт/25с	110
2N3614 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,7	—	60	7000	85Вт/25с	110
2N3615 *p-n-p*	35...70/3000	—	>0,7	—	60е	7000	85Вт/25с	110
2N3616 *p-n-p*	35...70/3000	—	>0,7	—	100	7000	85Вт/25с	110
2N3617 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,7	—	60е	7000	85Вт/25с	110
2N3618 *p-n-p*	60...120/3000	—	>0,7	—	100	7000	85Вт/25с	110
2N3660 *p-n-p*	>15/50...1500	—	>25	275	40б		5000/100с	200
2N3661 *p-n-p*	>15/50...1500	—	>25	275	40б	—	5000/100с	200
2N3664 *n-p-n*	>8/50...250	—	>300	<6	60	500	5000/25с	200
2N3665 *n-p-n*	40...120/150	—	>60	12	80е	1000	5000/25с	200
2N3666 *n-p-n*	100...300/150	—	>60	12	80е	1000	5000/25с	200
2N3677 *p-n-p*	8(>4)/1	—	>5	<10	20е	100	400/25а	200
2N3680 *n-p-n*	>300/1мА	<3	>60	<6	50е	30	600/25а	200
2N3712 *n-p-n*	30...150/30	—	>40	<9	150	200	800/25а	200
2N3713 *n-p-n*	25...90/1000	—	>4	—	60е	10А	150Вт/25с	200
2N3714 *n-p-n*	25...90/1000	—	>4	—	80	10А	150Вт/25с	200
2N3715 *n-p-n*	50...150/1000	—	>4	—	60е	10А	150Вт/25с	200
2N3716 *n-p-n*	50...150/1000	—	>4	—	80	10А	150Вт/25с	200
2N3719 *p-n-p*	25...180/1000	—	>60	—	40	3000	6000/25с	200
2N3720 *p-n-p*	25...180/1000	—	>60	—	60	3000	6000/25с	200
2N3730 *p-n-p*	—	—	—	—	200б	3000	10Вт/55с	85
2N3731 *p-n-p*	—	—	—	—	320б	10А	5000/55с	85
2N3732 *p-n-p*	—	—	—	—	100	10А	5000/55с	85
2N3738 *n-p-n*	40...200/100	—	>15	—	225е	500	20Вт/25с	175
2N3739 *n-p-n*	40...200/100	—	>15	—	300	500	20Вт/25с	175
2N3740 *p-n-p*	30...100/250	—	>4	—	68	1000	25Вт/25с	200
2N3741 *p-n-p*	30...100/250	—	>4	—	80	1000	25Вт/25с	200
2N3742 *n-p-n*	20...200/30	—	35	6	300	50	1000/25а	200
2N3743 *p-n-p*	25...250/30	—	35	15	300	50	1000/25а	200
2N3744 *n-p-n*	20...60/1000	—	>30	150	40е	5000	30Вт/100с	200
2N3745 *n-p-n*	20...60/1000	—	>30	150	60	5000	30Вт/100с	200
2N3746 *n-p-n*	10/10...5000	—	>30	150	80е	5000	30Вт/100с	200
2N3747 *n-p-n*	40...120/1000	—	>40	150	40е	5000	30Вт/100с	200
2N3748 *n-p-n*	40...120/1000	—	>40	150	60	5000	30Вт/100с	200
2N3749 *n-p-n*	40...120/1000	—	>40	150	80е	5000	30Вт/100с	200
2N3750 *n-p-n*	100...300/1000	—	>50	150	40е	5000	30Вт/100с	200
2N3751 *n-p-n*	100...300/1000	—	>50	150	60	5000	30Вт/100с	200
2N3752 *n-p-n*	100...300/1000	—	>50	150	80е	5000	30Вт/100с	200
2N3766 *n-p-n*	40...160/500	—	>15	—	60е	1000	20Вт/25с	175
2N3767 *n-p-n*	40...160/500	—	>15	—	80	1000	20Вт/25с	175
2N3771 *n-p-n*	15...60/15А	—	1,8	—	40	30А	150Вт/25с	200
2N3772 *n-p-n*	15...60/10А	—	1,6	—	60	30А	150Вт/25с	200
2N3773 *n-p-n*	15...60/8000	—	1,6	—	140	30А	150Вт/25с	200
2N3774 *p-n-p*	20...60/200	—	>1	—	40	1000	5000/100с	200
2N3779 *p-n-p*	20...60/200	—	>1	—	60	1000	5000/100с	200
2N3776 *p-n-p*	20...60/200	—	>1	—	80	1000	5000/100с	200
2N3777 *p-n-p*	20...60/200	—	>1	—	100	1000	5000/100с	200
2N3778 *p-n-p*	10...40/200	—	>1	—	40	1000	5000/100с	200
2N3779 *p-n-p*	10...40/200	—	>1	—	60	1000	5000/100с	200
2N3780 *p-n-p*	10...40/200	—	>1	—	60	1000	5000/100с	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N3781 *p-n-p*	10...40/200	—	>1	—	80	1000	5000/100с	200
2N3782 *p-n-p*	10...60/1000	—	>1	—	40	3000	5000/100с	200
2N3789 *p-n-p*	25...90/1000	—	>4	—	60	10А	150Вт/25с	200
2N3790 *p-n-p*	25...90/1000	—	>4	—	80	10А	150Вт/25с	200
2N3791 *p-n-p*	50...150/1000	—	>4	—	60	10А	150Вт/25с	200
2N3792 *p-n-p*	50...150/1000	—	>4	—	80	10А	150Вт/25с	200
2N3818 *n-p-n*	5...50/400	—	—	40	60	2000	25Вт/25с	175
2N3840 *p-n-p*	50/1	—	>6	—	50	100	400/25а	200
2N3846 *n-p-n*	>10/10А	—	>10	<750	200е	20А	150Вт/25с	175
2N3847 *n-p-n*	>10/10А	—	>10	<750	300	20А	150Вт/25с	175
2N3848 *n-p-n*	10...60/15А	—	>10	—	300е	20А	250Вт/25с	175
2N3849 *n-p-n*	10...60/15А	—	>10	—	400	20А	250Вт/25с	175
2N3877 *n-p-n*	20...250/2	—	—	—	70е	—	360/25а	150
2N3877 *n-p-n*	20...250/2	—	—	—	85	—	360/25а	150
2N3878 *n-p-n*	50...200/500	—	>40	<175	65е	10А	35Вт/25с	200
2N3879 *n-p-n*	50...200/500	—	>40	<175	90	10А	35Вт/25с	200
2N3902 *n-p-n*	30...90/1000	—	4	—	700б	3500	100Вт/25с	200
2N3910 *p-n-p*	40...160/1	—	>4	<8	60б	200	500/25а	200
2N3911 *p-n-p*	60...240/1	—	>8	<8	60б	200	500/25а	200
2N3912 *p-n-p*	90/1	—	>10	<8	30е	200	500/25а	200
2N3913 *p-n-p*	40...160/1	—	>4	<8	60б	200	400	200
2N3914 *p-n-p*	60...240/1	—	>8	<8	60б	200	400мВт	200
2N3915 *p-n-p*	>90/1	—	>10	<8	30е	200	400мВт	200
2N3962 *p-n-p*	>60/1мА	<3	>40	<6	60	200	360/25а	200
2N3963 *p-n-p*	>60/1мА	<3	>40	<6	80	200	360/25а	200
2N3964 *p-n-p*	>180/1мА	<2	>50	<6	45	200	360/25а	200
2N3965 *p-n-p*	>180/1мА	<2	>50	<6	60	200	360/25а	200
2N3977 *p-n-p*	>40/1	—	>1	<14	15б	100	400/25а	200
2N3978 *p-n-p*	>40/1	—	>1	<14	25	100	400/25а	200
2N3979 *p-n-p*	>30/1	—	>1	<14	40б	100	400/25а	200
2N3996 *n-p-n*	>15/5000	—	>40	<150	80е	5000	30Вт/100с	200
2N3998 *n-p-n*	>15/5000	—	>40	<150	80е	5000	30Вт/100с	200
2N3997 *n-p-n*	>20/5000	—	>40	<150	80е	5000	40Вт/100с	200
2N3999 *n-p-n*	>20/5000	—	>40	<150	80е	5000	40Вт/100с	200
2N4000 *n-p-n*	35...120/500	—	>40	<60	80е	1000	15Вт/100с	200
2N4001 *n-p-n*	35...120/500	—	>40	<60	100	1000	15Вт/100с	200
2N4002 *n-p-n*	>10/30	—	>30	—	80е	30А	150Вт/25с	200
2N4003 *n-p-n*	>10/30	—	>30	—	100	30А	150Вт/25с	200
2N4004 *n-p-n*	30...150/10А	—	>30	—	80е	20А	1200/25а	175
2N4005 *n-p-n*	30...150/10А	—	>30	—	120	20А	1200/25а	175
2N4006 *p-n-p*	>40/1	—	>20	<10	6е	100	400/25с	200
2N4009 *p-n-p*	>40/1	—	>20	<10	6е	100	400/25с	200
2N4007 *p-n-p*	>30/1	—	>15	<10	15е	100	400/25а	200
2N4010 *p-n-p*	>30/1	—	>15	<10	15е	100	400/25а	200
2N4008 *p-n-p*	>20/1	—	>15	<10	30е	100	400/25а	200
2N4011 *p-n-p*	>20/1	—	>15	<10	30е	100	400/25а	200
2N4012 *n-p-n*	—	—	500	<10	65	1500	12Вт/25с	200
2N4013 *n-p-n*	50...150/100	—	>300	<10	30е	500	360/25а	200
2N4014 *n-p-n*	50...150/100	—	>300	<10	50	500	360/25а	200
2N4036 *p-n-p*	40...140/150	—	>60	<30	65	1000	7000/25с	200
2N4036A *p-n-p*	20/0,1...500	—	>60	<30	90б	1000	1000/25а	200
2N4037 *p-n-p*	50...250/150	—	>60	30	40	1000	1000/25а	200
2N4040 *n-p-n*	10...80/100	—	—	15	40е	1000	10Вт/25с	200
2N4041 *n-p-n*	10...80/75	—	—	8	40е	500	17Вт/25с	200
2N4048 *p-n-p*	60...120/15А	—	—	—	30е	60А	170Вт/25с	100
2N4049 *p-n-p*	60...120/15А	—	—	—	45е	60А	170Вт/25с	100

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N4050 *p-n-p*	60...120/15A	—	—	—	60	60A	170Вт/25с	100
2N4051 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	30е	60A	170Вт/25с	100
2N4052 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	45е	60A	170Вт/25с	100
2N4053 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	60	60A	170Вт/25с	100
2N4058 *p-n-p*	100...400/0,1	<5	—	—	30	30	360/25а	150
2N4059 *p-n-p*	45...660/1	—	—	—	30	30	360/25а	150
2N4060 *p-n-p*	45...165/1	—	—	—	30	30	360/25а	150
2N4061 *p-n-p*	90...330/1	—	—	—	30	30	360/25а	150
2N4062 *p-n-p*	180...660/1	—	—	—	30	30	360/25а	150
2N4063 *n-p-n*	40...160/20	—	>15	<10	350е	1000	10Вт/25с	200
2N4064 *n-p-n*	40...160/20	—	>15	<10	350	1000	10Вт/25с	200
2N4074 *n-p-n*	75...300/10	—	>50	12	40	300	2000/75с	175
2N4075 *n-p-n*	30...90/1000	—	>30	—	80е	3000	17Вт/100с	200
2N4076 *n-p-n*	50...150/1000	—	>30	—	80е	3000	17Вт/100с	200
2N4100 *n-p-n*	150...600/0,01	3	>15	0,8	55	10	500/25а	200
2N4138 *n-p-n*	>50/1	—	>20	<12	30	100	300/25а	175
2N4150 *n-p-n*	40...120/5000	—	>15	—	80е	10A	5000/100с	200
2N4210 *n-p-n*	20...100/10A	—	>10	850	60е	20A	100Вт/100с	200
2N4211 *n-p-n*	20...100/10A	—	>10	850	80	20A	100Вт/100с	200
2N4231 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	200	40е	3000	35Вт/25с	200
2N4232 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	200	60е	3000	35Вт/25с	200
2N4233 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	200	80	3000	35Вт/25с	200
2N4234 *p-n-p*	30...150/250						1000/25а	
2N4235 *p-n-p*	30...150/250				60		1000/25а	
2N4236 *p-n-p*	30...150/250				60		1000/25а	
2N4237 *n-p-n*	>10/1000	—	>10	<100	80	3000	6000/25с	200
2N4238 *n-p-n*	>10/1000	—	>10	<100	80	3000	6000/25с	200
2N4239 *n-p-n*	>10/1000	—	>10	<100	80	3000	6000/25с	200
2N4240 *p-n-p*	>40/100	—	>15	120	500б	5000	35Вт/25с	200
2N4242 *p-n-p*	40...80/5000	—	—	—	70е	10A	100Вт/25с	110
2N4243 *p-n-p*	40...80/5000	—	—	—	55	10A	100Вт/25с	110
2N4244 *p-n-p*	40...80/5000	—	—	—	40	10A	100Вт/25с	110
2N4245 *p-n-p*	60...120/5000	—	—	—	70е	10A	100Вт/25с	110
2N4246 *p-n-p*	60...120/5000	—	—	—	55	10A	100Вт/25с	110
2N4247 *p-n-p*	60...120/5000	—	—	—	40	10A	100Вт/25с	110
2N4248 *p-n-p*	>50/0,1	—	—	<6	40	100	200/25а	125
2N4249 *p-n-p*	100...300/0,1	<3	—	<6	60	100	200/25а	125
2N4250 *p-n-p*	100...300/0,1	<3	—	<6	40	100	200/25а	125
2N4276 *p-n-p*	60...120/15A	—	—	—	20е	60A	100Вт/25с	110
2N4277 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	20е	60A	100Вт/25с	110
2N4278 *p-n-p*	60...120/15A	—	—	—	30е	60A	100Вт/25с	110
2N4279 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	30е	60A	100Вт/25с	110
2N4280 *p-n-p*	60...120/15A	—	—	—	45е	60A	100Вт/25с	110
2N4281 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	45е	60A	100Вт/25с	110
2N4282 *p-n-p*	60...120/15A	—	—	—	60е	60A	100Вт/25с	110
2N4283 *p-n-p*	80...180/15A	—	—	—	60е	60A	100Вт/25с	110
2N4300 *n-p-n*	30...120/1000	—	>30	—	80е	2000	15Вт/100с	200
2N4301 *n-p-n*	30...120/5000	—	>40	—	80е	10A	50Вт/100с	200
2N4314 *p-n-p*	50...250/150	—	>60	<30	85	1000	7000/25с	200
2N4346 *p-n-p*	>25/6000	—	—	—	320б	10A	5000/55с	85
2N4347 *n-p-n*	20...60/2000	—	—	—	120е	5000	100Вт/25с	—
2N4348 *n-p-n*	>15/5000	—	—	—	120е	10A	100Вт/25с	—
2N4387 *p-n-p*	>20/1000	—	>25	275	40	2500	20Вт/100с	200
2N4388 *p-n-p*	>20/1000	—	>25	275	60	2500	20Вт/100с	200
2N4390 *n-p-n*	>20/2	—	>50	—	120е	—	500/25а	175
2N4395 *n-p-n*	40...160/2000	—	>4	—	40е	—	62Вт/35с	—
2N4396 *n-p-n*	40...160/2000	—	>4	—	60	—	62Вт/35с	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N4398 *p-n-p*	15...60/15A	—	>4	—	40	30A	200Вт/25c	200
2N4399 *p-n-p*	15...60/15A	—	>4	—	60	30A	200Вт/25c	200
2N4400 *n-p-n*	50...150/150	—	>150	<8	40e	600	310/25a	135
2N4401 *n-p-n*	100...300/150	—	>150	<8	40e	600	310/25a	135
2N4402 *p-n-p*	>20/1...500	—	>150	<8	60б	600	310/25a	135
2N4403 *p-n-p*	>40/1...500	—	>150	<8	60б	600	310/25a	135
2N4409 *n-p-n*	60...400/1	—	>60	<12	80	250	310/25a	135
2N4410 *n-p-n*	60...400/1	—	>60	<12	120	250	310/25a	135
2N4412 *p-n-p*	100...500/0,01	<2	—	8	30e	—	600/25a	200
2N4413 *p-n-p*	100...500/0,01	<2	—	8	30e	—	400мВт	200
2N4414 *p-n-p*	40...500/0,01	<2	—	8	30e	—	600/25a	200
2N4415 *p-n-p*	100...500/0,01	<2	—	8	30e	—	400мВт	200
2N4415A *p-n-p*	100...500/0,01	<2	—	8	60	—	600/25a	200
2N4862 *n-p-n*	>15/2000	—	>50	<50	120e	2000	4000/100c	200
2N4862 *n-p-n*	>15/2000	—	>50	<50	120e	2000	4000/100c	200
2N4863 *n-p-n*	>15/2000	—	>50	<50	120e	2000	16Вт	200
2N4865 *n-p-n*	10...40/70A	—	>10	—	80e	90A	350Вт/25c	200
2N4866 *n-p-n*	10...40/70A	—	>10	—	120	90A	350Вт/25c	200
2N4895 *n-p-n*	40...120/2000	—	>50	—	60e	5000	7000/25c	200
2N4896 *n-p-n*	100...300/2000	—	>50	—	60e	5000	7000/25c	200
2N4897 *n-p-n*	40...120/2000	—	>50	—	80e	5000	7000/25c	200
2N4898 *p-n-p*	20...100/500	—	>3	<100	40	4000	25Вт/25c	200
2N4899 *p-n-p*	20...100/500	—	>3	<100	60	4000	25Вт/25c	200
2N4900 *p-n-p*	>10/1000	—	>3	<100	80	4000	25Вт/25c	200
2N4901 *p-n-p*	20...80/1000	—	>4	—	40	5000	87Вт/25c	200
2N4902 *p-n-p*	20...80/1000	—	>4	—	60	5000	87Вт/25c	200
2N4903 *p-n-p*	7/5000	—	>4	—	80	5000	87Вт/25c	200
2N4904 *p-n-p*	25...100/2500	—	>4	—	40	5000	87Вт/25c	200
2N4905 *p-n-p*	25...100/2500	—	>4	—	60	5000	87Вт/25c	200
2N4906 *p-n-p*	7/5000	—	>4	—	80	5000	87Вт/25c	200
2N4907 *p-n-p*	20...80/4000	—	4	—	40	5000	83Вт/100c	200
2N4908 *p-n-p*	20...80/4000	—	4	—	60	5000	83Вт/100c	200
2N4909 *p-n-p*	20...80/4000	—	4	—	80	5000	83Вт/100c	200
2N4910 *n-p-n*	20...100/500	—	>3	<100	40	4000	25Вт/25c	200
2N4911 *n-p-n*	20...100/500	—	>3	<100	60	4000	25Вт/25c	200
2N4912 *n-p-n*	20...100/500	—	>3	<100	80	4000	25Вт/25c	200
2N4913 *n-p-n*	25...100/2500	—	>4	—	40	5000	87Вт/25c	200
2N4914 *n-p-n*	25...100/2500	—	>4	—	60	5000	87Вт/25c	200
2N4915 *n-p-n*	25...100/2500	—	>4	—	80	5000	87Вт/25c	200
2N4918 *p-n-p*	20...100/500	—	>3	<100	40	3000	30Вт/25	150
2N4919 *p-n-p*	20...100/500	—	>3	<100	60	3000	30Вт/25c	150
2N4920 *p-n-p*	20...100/500	—	>3	<100	80	3000	30Вт/25c	150
2N4921 *n-p-n*	10/1000	—	>3	<100	40	3000	30Вт/25c	150
2N4922 *n-p-n*	10/1000	—	>3	<100	60	3000	30Вт/25c	150
2N4923 *n-p-n*	10/1000	—	>3	<100	80	3000	30Вт/25c	150
2N4926 *n-p-n*	10/3	—	>30	<6	200	50	1000/25a	175
2N4927 *n-p-n*	10/3	—	>30	<6	250	50	1000/25a	175
2N4930 *p-n-p*	20/1...30	—	>20	<20	200	500	1000/25a	200
2N4931 *p-n-p*	20/1...30	—	>20	<20	250	500	1000/25a	200
2N4932 *n-p-n*	—	—	—	<120	50	3300	70Вт/25c	200
2N4933 *n-p-n*	—	—	—	<120	70	3300	70Вт/25a	200
2N4944 *n-p-n*	40...120/150	—	>60	<20	40e	500	220/25a	150
2N4945 *n-p-n*	40...120/150	—	>60	<20	60	500	220/25a	150
2N4946 *n-p-n*	100/150	—	>60	<20	40e	500	220/25a	150
2N4955 *n-p-n*	60...600/0,01	<4,5	>60	<6	25e	30	350/25a	125
2N4956 *n-p-n*	60...600/0,01	<4,5	>60	<6	25e	30	350/25a	125
2N4964 *p-n-p*	30...120/0,01	<6	>60	<8	40e	—	200/25a	125
2N4965 *p-n-p*	80...400/0,01	<6	>60	<8	40e	—	200/25a	125

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N4966 *n-p-n*	40...120/0,01	<6	>40	6	40е	—	200/25а	125
2N4967 *n-p-n*	100...600/0,01	<6	>40	6	40е	—	200/25а	125
2N4968 *n-p-n*	40...120/0,01	<6	>40	6	25	—	200/25а	125
2N4998 *n-p-n*	30...90/1000	—	>60	—	80е	2000	35Вт/25с	200
2N5000 *n-p-n*	70...200/1000	—	>60	—	80е	2000	35Вт/25с	200
2N4999 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	80е	2000	35Вт/25с	200
2N5001 *p-n-p*	70...200/1000	—	>60	—	80е	2000	35Вт/25с	200
2N5002 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	58Вт/25с	200
2N5003 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	58Вт/25с	200
2N5004 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	58Вт/25с	200
2N5005 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	58Вт/25с	200
2N5006 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	80е	10А	117Вт/25с	200
2N5007 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	80е	10А	117Вт/25с	200
2N5008 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	80е	10А	117Вт/25с	200
2N5009 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	80е	10А	117Вт/25с	200
2N5010 *n-p-n*	>30/25	—	>20	—	500	500	2000/25с	—
2N5011 *n-p-n*	>30/25	—	>20	—	600	500	2000/25с	—
2N5012 *n-p-n*	>30/25	—	>20	—	800	500	2000/25с	—
2N5013 *n-p-n*	>30/20	—	>20	—	800	500	2000/25с	—
2N5014 *n-p-n*	>30/20	—	>20	—	900	500	2000/25с	—
2N5015 *n-p-n*	>30/20	—	>20	—	1000	500	2000/25с	—
2N5038 *n-p-n*	20...100/12А	—	>60	<500	110	20А	140Вт/25с	200
2N5039 *n-p-n*	20...100/12А	—	>60	<500	95	20А	140Вт/25с	200
2N5050 *n-p-n*	25...100/750	—	>10	<250	125	2000	40Вт/25с	175
2N5051 *n-p-n*	25...100/750	—	>10	<250	150	2000	40Вт/25с	175
2N5052 *n-p-n*	25...100/750	—	>10	<250	200	2000	40Вт/25с	175
2N5058 *n-p-n*	30...150/30	—	>30	<10	250	150	1000/25а	150
2N5059 *n-p-n*	30...150/30	—	>30	<10	300	150	1000/25а	150
2N5066 *n-p-n*	8(>4)/1	—	>5	<10	20е	100	400/25а	200
2N5067 *n-p-n*	20...80/1000	—	>4	—	40	5000	87Вт/25с	200
2N5068 *n-p-n*	20...80/1000	—	>4	—	40	5000	87Вт/25с	200
2N5070 *n-p-n*	—	—	—	>85	40е	3300	70Вт/25с	200
2N5071 *n-p-n*	—	—	—	>85	40е	3300	24Вт/76	200
2N5072 *n-p-n*	15...60/3000	—	80	350	100	10А	125Вт/25с	200
2N5074 *n-p-n*	30...110/500	—	—	—	200	5000	30Вт/100с	200
2N5075 *n-p-n*	30...110/500	—	—	—	200	5000	30Вт/100с	200
2N5076 *n-p-n*	30...110/500	—	—	—	250	5000	30Вт/100с	200
2N5077 *n-p-n*	30...110/600	—	—	—	250	5000	30Вт/100с	200
2N5083 *n-p-n*	40...120/2000	—	>50	—	60е	10А	35Вт/25с	200
2N5084 *n-p-n*	40...120/2000	—	>50	—	60е	10А	35Вт/25с	200
2N5085 *n-p-n*	40...120/2000	—	>50	—	80	10А	35Вт/25с	200
2N5086 *p-n-p*	150...500/0,1	1,2	>40	<4	50	100	310/25а	135
2N5087 *p-n-p*	150...500/0,1	1,0	>40	<4	50	100	310/25а	135
2N5133 *n-p-n*	60...1000/1		>40	5	18е	50	200/25а	125
2N5135 *n-p-n*	50...600/10	—	>40	25	25е	200	300/25а	125
2N5136 *n-p-n*	20...400/150	—	>40	<35	20е	500	220/25а	125
2N5137 *n-p-n*	20...400/150	—	>40	<35	20е	500	30мВт	125
2N5138 *p-n-p*	50...300/100	—	>40	<7	30е	100	200/25а	125
2N5147 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	80е	2000	7000/25с	200
2N5149 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	80е	2000	7000/25с	200
2N5148 *n-p-n*	30...90/1000	—	>50	—	80е	2000	7000/25е	200
2N5150 *n-p-n*	30...90/1000	—	>50	—	80е	2000	7000/25с	200
2N5151 *p-n-p*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	11Вт/25с	200
2N5153 *p-n-p*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	11Вт/25е	200
2N5152 *n-p-n*	30...90/1500	—	>60	—	80е	5000	11Вт/25е	200
2N5154 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	80е	5000	11Вт/25с	200
2N5155 *p-n-p*	25...100/8000	—	0,35	—	120е	25А	60Вт/25с	110

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N5156 *p-n-p*	25...60/5000	—	0,32	—	60e	10A	60Вт/25c	110
2N5157 *n-p-n*	30...90/1000	—	4	—	400e	3500	100Вт/25c	200
2N5190 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	—	40	4000	35Вт/25c	150
2N5191 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	—	60	4000	35Вт/25c	150
2N5192 *n-p-n*	25...100/1500	—	>4	—	80	4000	35Вт/25c	150
2N5202 *n-p-n*	10...100/4000	—	>60	<175	75e	5000	35Вт/25c	200
2N5193 *p-n-p*	25...100/1500	—	>4	—	40	4000	35Вт/25c	150
2N5194 *p-n-p*	25...100/1500	—	>4	—	60	4000	35Вт/25c	150
2N5195 *p-n-p*	25...100/1500	—	>4	—	80	4000	35Вт/25c	150
2N5218 *n-p-n*	15...120/5000	—	>40	—	200e	10A	80Вт/100c	200
2N5225 *n-p-n*	30...600/50	—	>50	<20	25	500	310/25a	135
2N5226 *p-n-p*	30...600/50	—	>50	<20	25	500	310/25a	135
2N5229 *p-n-p*	>50/0,1	—	>8	<5	10e	50	500/25c	200
2N5230 *p-n-p*	>50/0,1	—	>8	<5	20	50	500/25c	200
2N5231 *p-n-p*	>50/0,1	—	>8	<5	30e	50	500/25c	200
2N5232 *n-p-n*	250...470/2	—	—	<4	50e	100	360/25a	150
2N5232A *n-p-n*	250...470/2	5	—	<4	50e	0,1	360/25a	150
2N5237 *n-p-n*	40...120/5000	—	25	—	120e	5000	5000/95c	200
2N5238 *n-p-n*	40...120/5000	—	25	—	170	5000	5000/95c	200
2N5239 *n-p-n*	20...80/400	—	>5	<150	250e	5000	100Вт/25c	200
2N5240 *n-p-n*	20...80/400	—	>5	<150	350	5000	100Вт/25c	200
2N5241 *n-p-n*	15...35/2500	—	>4	—	325e	3500	100Вт/25c	200
2N5249 *n-p-n*	400...800/2	<5	—	<4	50e	100	330/25a	140
2N5250 *n-p-n*	10...40/70A	—	>10	—	100e	90A	350Вт/25c	200
2N5251 *n-p-n*	10...40/70A	—	>10	—	150e	90A	350Вт/25c	200
2N5252 *n-p-n*	40...120/100	—	>30	—	300	1000	7000/25c	200
2N5253 *n-p-n*	40...120/100	—	>30	—	300	1000	7000/25c	200
2N5284 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5285 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5286 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5287 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5288 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5289 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5290 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5291 *n-p-n*	30...90/2500	—	>60	—	100e	5000	58Вт/25c	200
2N5293 *n-p-n*	30...120/500	—	>0,8	—	75	4000	36Вт/25c	150
2N5294 *n-p-n*	30...120/500	—	>0,8	—	75	4000	36Вт/25c	150
2N5295 *n-p-n*	30...120/1000	—	>0,8	—	50	4000	36Вт/25c	150
2N5296 *n-p-n*	30...120/1000	—	>0,8	—	50	4000	36Вт/25c	150
2N5297 *n-p-n*	20...80/1500	—	>0,8	—	70	4000	36Вт/25c	150
2N5298 *n-p-n*	20...80/1500	—	>0,8	—	70	4000	36Вт/25c	150
2N5301 *n-p-n*	>15/15A	—	4	—	40e	20A	200Вт/25a	—
2N5302 *n-p-n*	>15/15A	—	4	—	60	20A	200Вт/25a	—
2N5303 *n-p-n*	>15/10A	—	4	—	80e	20A	200Вт/25a	—
2N5305 *n-p-n*	2000...20000/2	—	—	7,6	25	100	400/25a	125
2N5306 *n-p-n*	2000...20000/2	—	—	7,6	25	100	400/25a	125
2N5307 *n-p-n*	2000...20000/2	—	—	7,6	40	100	400/25a	125
2N5308 *n-p-n*	2000...20000/2	—	—	7,6	40	100	400/25a	125
2N5310 *n-p-n*	100...300/10	—	—	<4	50e	100	330/25a	—
2N5311 *n-p-n*	100...300/10	—	—	<4	50e	100	330/25a	—
2N5312 *p-n-p*	30...90/10A	—	>30	—	80e	20A	50Вт/100c	200
2N5314 *p-n-p*	30...90/10A	—	>30	—	100	20A	50Вт/100c	200
2N5313 *n-p-n*	30...90/10A	—	>30	—	80e	20A	50Вт/100c	200
2N5315 *n-p-n*	30...90/10A	—	>30	—	100	20A	50Вт/100c	200
2N5316 *p-n-p*	30...90/5000	—	>30	—	80e	10A	50Вт/100c	200
2N5318 *p-n-p*	30...90/5000	—	>30	—	100	10A	50Вт/100c	200
2N5317 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	80e	10A	50Вт/100c	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N5319 *n-p-n*	30...90/5000	—	>30	—	100	10A	50Вт/100с	200
2N5320 *n-p-n*	30...130/500	—	>50	—	65	2000	10Вт/25с	200
2N5321 *n-p-n*	30...130/500	—	>50	—	90	2000	10Вт/25с	200
2N5322 *p-n-p*	30...130/500	—	>50	—	65	2000	10Вт/25с	200
2N5323 *p-n-p*	30...130/500	—	>50	—	90	2000	10Вт/25с	200
2N5324 *p-n-p*	20...60/5000	—	>2	—	150е	10A	56Вт/25с	110
2N5325 *p-n-p*	20...60/5000	—	>2	—	200	10A	56Вт/25с	110
2N5326 *n-p-n*	50...150/1000	—	80	100	80е	5000	44Вт/25с	200
2N5329 *n-p-n*	40...120/10A	—	80	500	100е	20A	116Вт/25с	200
2N5330 *n-p-n*	50...150/10A	—	80	750	100е	30A	140Вт/25с	200
2N5331 *n-p-n*	50...150/10A	—	80	750	100е	30A	175Вт/25с	200
2N5333 *p-n-p*	>30/1000	—	>30	—	80е	5000	15Вт/100с	200
2N5334 *n-p-n*	30...150/1000	—	>60	<75	60	3000	6000/25с	200
2N5335 *n-p-n*	30...150/1000	—	>60	<75	80	3000	6000/25с	200
2N5336 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	5000	6000/25с	200
2N5337 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	5000	6000/25с	200
2N5338 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	5000	6000/25с	200
2N5339 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	5000	6000/25с	200
2N5344 *p-n-p*	25...100/500	—	>60	<200	250	1000	40Вт/25с	200
2N5345 *p-n-p*	25...100/500	—	>60	<200	300	1000	40Вт/25с	200
2N5346 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200
2N5347 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200
2N5348 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	7000	60Вт/25с	2000
2N5349 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	7000	60Вт/25с	200
2N5384 *p-n-p*	20...80/2000	—	>30	—	80е	5000	30Вт/100с	200
2N5385 *p-n-p*	20...80/2000	—	>30	—	80е	5000	30Вт/100с	200
2N5386 *p-n-p*	20...80/6000	—	>30	—	80е	12A	50Вт/100с	200
2N5387 *n-p-n*	25...100/2000	—	>15		200	7500	100Вт/100с	200
2N5388 *n-p-n*	25...100/2000	—	>15	—	250	7500	100Вт/100с	200
2N5389 *n-p-n*	25...100/2000	—	>15	—	300	7500	100Вт/100с	200
2N5404 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	80	5000	4000/100с	200
2N5405 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	100	5000	4000/100с	200
2N5406 *p-n-p*	40...120/2000	—	>40	—	80	5000	4000/100с	200
2N5407 *p-n-p*	40...120/2000	-	>40	—	100	5000	4000/100с	200
2N5408 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	80	5000	30Вт/100с	200
2N5409 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	80	5000	30Вт/100с	200
2N5410 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	80	5000	30Вт/100с	200
2N5411 *p-n-p*	20...60/2000	—	>40	—	80	5000	30Вт/100с	200
2N5412 *n-p-n*	10...160/2000	—	>60	—	60е	10A	50Вт/100с	200
2N5415 *p-n-p*	30...130/50	—	>15	<15	200е	1000	1000/50а	200
2N5416 *p-n-p*	30...130/50	—	>15	<15	200е	1000	1000/50а	200
2N5427 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	40Вт/25с	200
2N5428 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	40Вт/25с	200
2N5429 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	7000	40Вт/25с	200
2N5430 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	100	7000	40Вт/25с	200
2N5435 *p-n-p*	20...60/25A	—	>0,35	—	60е	60A	120Вт/25с	110
2N5436 *p-n-p*	20...60/25A	—	>0,35	—	90	60A	120Вт/25с	110
2N5437 *p-n-p*	20...60/25A	—	>0,35	—	120	60A	120Вт/25с	110
2N5438 *p-n-p*	40...120/60A	—	>0,35	—	60е	60A	120Вт/25с	110
2N5439 *p-n-p*	40...120/60A	—	>0,35	—	90	60A	120Вт/25с	110
2N5440 *p-n-p*	40...120/60A	—	>0,35	—	120	60A	120Вт/25с	110
2N5466 *n-p-n*	15...60/3000	—	2,5	—	400е	5000	80Вт/100с	200
2N5467 *n-p-n*	15...60/3000	—	2,5	—	700	5000	80Вт/100с	200
2N5468 *n-p-n*	15...60/3000	—	2,5	—	400е	5000	40Вт/100с	200
2N5469 *n-p-n*	15...60/3000	—	2,5	—	700	5000	40Вт/100с	200
2N5470 *n-p-n*	—	—	—	<3	55	200	3500/25с	200
2N5477 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N5478 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200
2N5479 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200
2N5480 *n-p-n*	30...120/2000	—	>30	<250	80	7000	60Вт/25с	200
2N5481 *n-p-n*	20...250/50	—	—	—	30е	200	5000/25с	200
2N5482 *n-p-n*	200...250/50	—	—	—	30е	350	10Вт/25с	200
2N5483 *n-p-n*	20...250/100	—	—	—	30е	700	20Вт/25с	200
2N5487 *n-p-n*	100...300/1000	—	40	—	80е	5000	15Вт/95с	200
2N5488 *n-p-n*	100...300/1000	—	40	—	100	5000	15Вт/95с	200
2N5490 *n-p-n*	20...100/2000	—	>0,8	—	50е	7000	50Вт/25с	150
2N5491 *n-p-n*	20...100/2000	—	>0,8	—	50е	7000	50Вт/25с	150
2N5492 *n-p-n*	20...100/2000	—	>0,8	—	65	7000	50Вт/25с	150
2N5493 *n-p-n*	20...100/2000	—	>0,8	—	65	7000	50Вт/25с	150
2N5494 *n-p-n*	20...100/3000	—	>0,8	—	50е	7000	50Вт/25с	150
2N5495 *n-p-n*	20...100/3000	—	>0,8	—	50е	7000	50Вт/25с	150
2N5496 *n-p-n*	20...100/3000	—	>0,8	—	80	7000	50Вт/25с	150
2N5497 *n-p-n*	20...100/3000	—	>0,8	—	80	7000	50Вт/25с	150
2N5552 *n-p-n*	40...250/5000	—	>30	—	80	10А	5000/100с	200
2N5559 *n-p-n*	12...60/4000	—	>0,8	—	120е	15А	83Вт/100с	200
2N5575 *n-p-n*	10...40/60А	—	>0,4	2000	70	80А	300Вт/25с	175
2N5576 *n-p-n*	10...40/60А	—	>0,4	2000	70	80А	300Вт/25с	175
2N5577 *n-p-n*	10...40/60А	—	>0,4	2000	70	80А	300Вт/25с	175
2N5578 *n-p-n*	10...40/40А	—	>0,4	2000	90	60А	300Вт/25с	175
2N5579 *n-p-n*	10...40/40А	—	>0,4	2000	90	60А	300Вт/25с	175
2N5580 *n-p-n*	10...40/40А	—	>0,4	2000	90	60А	300Вт/25с	175
2N5584 *n-p-n*	40...120/10А	—	70	—	180е	50А	175Вт/25с	200
2N5589 *n-p-n*	>5/100	—	—	20	18е	600	15Вт/25с	200
2N5590 *n-p-n*	>5/250	—	—	70	18е	2000	30Вт/25с	200
2N5591 *n-p-n*	>5/500	—	—	120	18е	4000	70Вт/25с	200
2N5597 *p-n-p*	70...200/1000	—	>60	—	60е	5000	40Вт/100с	200
2N5598 *p-n-p*	70...200/1000	—	>60	—	60е	5000	40Вт/100с	200
2N5599 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	80е	5000	40Вт/100с	200
2N5600 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	80е	5000	40Вт/100с	200
2N5601 *p-n-p*	70...200/1000	—	>60	—	80е	5000	40Вт/25с	200
2N5602 *p-n-p*	70...200/1000	—	>60	—	80е	5000	40Вт/25с	200
2N5603 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	100е	5000	40Вт/25с	200
2N5604 *p-n-p*	30...90/1000	—	>60	—	100е	5000	40Вт/25с	200
2N5605 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5606 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5607 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5608 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5609 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5610 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5611 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5612 *p-n-p*	70...200/2500	—	>60	—	100е	5000	40Вт/100с	200
2N5613 *p-n-p*	70...200/2500	—	>70	—	60е	100А	50Вт/100с	200
2N5614 *p-n-p*	70...200/2500	—	>70	—	60е	10А	50Вт/100с	200
2N5615 *p-n-p*	30..90/2500	—	>70	—	80е	10А	50Вт/100с	200
2N5616 *p-n-p*	30...90/2500	—	>70	—	80е	10А	20Вт/100с	200
2N5617 *p-n-p*	70...200/2500	—	>70	—	80е	10А	50Вт/100с	200
2N5618 *p-n-p*	70...200/2500	—	>70	—	80е	10А	50Вт/100с	200
2N5619 *p-n-p*	30...90/2500	—	>70	—	100е	10А	50Вт/100с	200
2N5620 *p-n-p*	30...90/2500	—	>70	—	100е	10А	50Вт/100с	200
2N5621 *p-n-p*	70...200/5000	—	>30	—	100е	10А	50Вт/100с	200
2N5628 *p-n-p*	70...200/5000	—	>30	—	100е	10А	50Вт/100с	200
2N5629 *n-p-n*	25...100/8000	—	>1	<500	100	16А	200Вт/25с	200
2N5630 *n-p-n*	25...100/8000	—	>1	<500	120	16А	200Вт/25с	200
2N5631 *n-p-n*	25...100/8000	—	>1	<500	140	16А	200Вт/25с	200

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2N5632 *n-p-n*	25...100/5000	—	>1	<300	100	10А	150Вт/25с	200
2N5633 *n-p-n*	25...100/5000	—	>1	<300	120	10А	150Вт/25с	200
2N5634 *n-p-n*	25...100/5000	—	>1	<300	140	10А	150Вт/25с	200
2N5635 *n-p-n*	>5/100	—	—	<10	35е	1000	7500/25с	200
2N5636 *n-p-n*	>5/200	—	—	<20	35е	1500	15Вт/25с	200
2N5637 *n-p-n*	>5/500	—	—	<30	35е	3000	30Вт/25с	200
2N5641 *n-p-n*	>5/100	—	—	<15	35е	1000	15Вт/25с	200
2N5642 *n-p-n*	>5/200	—	—	<35	35е	3000	30Вт/25с	200
2N5643 *n-p-n*	>5/500	—	—	<65	35е	5000	60Вт/25с	200
2N5655 *n-p-n*	30...250/100	—	10	<25	250е	500	20Вт/25с	150
2N5436 *p-n-p*	20...60/25А	—	0,35	—	90	60А	120Вт/25с	110
2N5437 *p-n-p*	20...60/25А	—	0,35	—	120	60А	120Вт/25с	110

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЫВОДОВ ЗАРУБЕЖНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

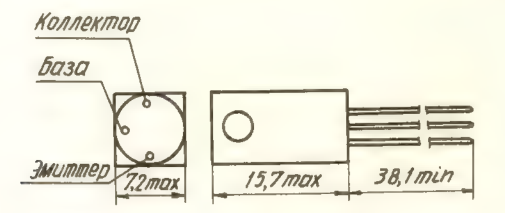


Рис. 1. Тип корпуса ТО-1/01 имеют транзисторы:

АС117, АС124, АС127/01, АС128/01, АС132/01, АС141/01, АС142/01, АС153V, АС153К, АС153K.V1, АС175, АС176К, АС178, АС179, АС180К...АС181К, АС186, АС187/01, АС187К, АС187К-7, АС187К-8, АС187К-9, АС188/01, АС188К, АС188К-7, АС188К-8, АС188К-9, АС193, АС194К, АС194К-7, АС194К-8, АС194К-9.

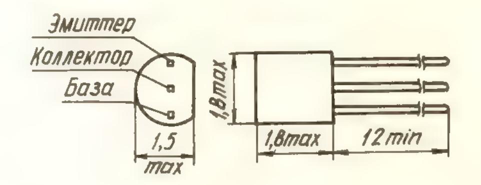


Рис. 2. Тип корпуса SOT-42 имеют транзисторы:

А141, А142, А143, А160, А161, А162, ВС111, ВС112, ВС121...ВС123, ВС128, ВС146/01...ВС146/03, ВС146 желтый, ВС146 зеленый, ВС146 красный, ВС155, ВС156, ВС196, ВС200/01...ВС200/03, ВС200 красный, ВС200 зеленый, ВС200 желтый, ВС201, ВС202, ВС203, ВС233, BSW13, S89BC, S90BC.

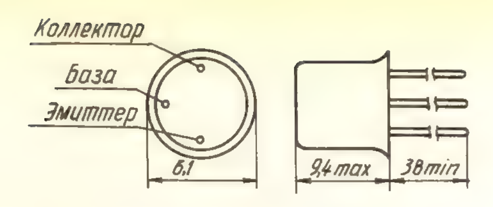


Рис. 3. Тип корпуса ТО-1 имеют транзисторы:

2N60, 2N61...2N65, 2N76, 2N77, 2N79...2N81, 2N85...2N87, 2N95, 2N96, 2N104... 2N110, 2N130...2N133, 2N133A, 2N138, 2N138A, 2N138B, 2N141, 2N143, 2N149, 2N149A, 2N150, 2N150A, 2N185...2N192, 2N192A, 2N195...2N207, 2N213...2N215, 2N217, 2N220, 2N222...2N227, 2N238...2N241, 2N241A, 2N249, 2N265, 2N266, 2N272, 2N273, 2N280...2N283, 2N291, 2N306, 2N319, 2N320, 2N321, 2N360...2N369, 2N375, 2N380...2N383, 2N391, 2N392, 2N402, 2N403, 2N405...2N408, 2N422, 2N446, 2N447, 2N447A, 2N462, 2N464...2N467, 2N506...2N508, 2N535, 2N563...2N572, 2N670, 2N680, 2N711, 2N1008, 2N1009, 2N1010, 2N1059, 2N1094, 2N1097, 2N1098, 2N1101, 2N1102, 2N1128...2N1130, 2N1144, 2N1145, 2N1173, 2N1217, 2N1246, 2N1287, 2N1287A, 2N1320, 2N1322, 2N1324, 2N1328, 2N1331, 2N1353, 2N1370, 2N1372, 2N1378, 2N1380, 2N1431...2N1433, 2N1495, 2N1624, 2N2428, 2N2429...2N2431, 2N2431MP, 2N2447, 2N2449, 2N3153, 2NJ9A, 2NJ9D, 2NU40, 2NU70, 2NU72, 2OC72, 20C74, 2S12, 2S14, 2S15, 2S22, 2S24, 2S32, 2S33, 2S34, 2S37...2S40, 2S44, 2S54, 2S56, 2S91, 2S159, 2S163, 2SB12, 2SB13, 2SB22, 2SB23, 2SB32, 2SB33, 2SB34...2SB40, 2SB43, 2SB43A, 2SB44, 2SB46, 2SB47...2SB61, 2SB70...2SB79, 2SB89...2SB92, 2SB94, 2SB95...2SB105, 2SB110...2SB117, 2SB134...2SB136, 2SB153...2SB179, 2SB183...2SB187, 2SB254, 2SB255, 2SB257, 2SB261...2SB264, 2SB271, 2SB272, 2SB317, USB325, 2SB329, 2SB345, 2SB346...2SB348, 2SB364, 2SB365, 2SB370, 2SB371, 2SB376...2SB380, 2SB389, 2SB405, 2SB415, 2SB439, 2SB440, 2SB443, 2SB444A, 2SB452, 2SB459, 2SB470, 2SB475, 2SB482, 2SB486, 2SB494, 2SB495...2SB497, 2SC13, 2SC179, 2SC180, 2SD25, 2SD30, 2SD33...2SD35, 2SD37...2SD38, 2SD43, 2SD44, 2SD61...2SD66, 2SD72, 2SD75, 2SD77, 2SD100, 2SD104, 2SD105, 2SD127, 2SD128, 2SD167, 2SD168, 2SD170, 2SD178, 2SD186, 2SD187, 2SD193, 2SD195, 2T11...2T17, 2T20...2T26, 2T69, 2T89, 2T311...2T315, 2T321...2T323, 2T383, 2T681, 3N56, 3N57, 4JD1A17, 4JX1E850, 4JX2A601, 4JX2A816, 4NU40, 4NU70, 18T1, 44T1, 70A, 72A, 74A, 75A, 99AT6, 99B5, 99L6, 99SQ7, 126T1, 310T1, 322T1, 323T1, 324T1, 420T1, 421T1, 486T1, 504T1, 520T1, 521T1, 641T1, 645T1, 646T1, 687T1...692T1, 909T1, 941T1, 965T1, 987T1...992T1.

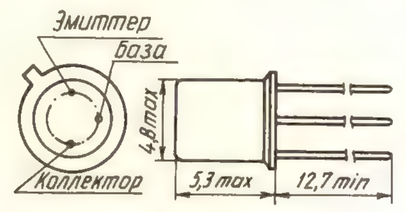


Рис. 4. Тип корпуса ТО-18 имеют транзисторы:

A157, A158B, A158C, A159, A177, A177A, A177B, A178, A178A, A178B, A179, A179A, A179B, A344...A346, AC107, AC107N, AC107RP, AC125, AC126, AC172, AF118, AFY10, AFY11, ASY26...ASY29, ASZ20, ASZ21, ASZ23, BC26, BC113, BC113A, BC114, BC114A, BC115, BC118, BC127, BC129, BC129A, BC129B, BC130, BC130A, BC130B, BC130C, BC147, BC147A, BC147B, BC148, BC148A, BC148B, BC148C, BC149, BC149B, BC149C, BC157, BC157A, BC158, BC158A, BC158B, BC159, BC159A, BC159B, BC186, BC187, BS190, BC190A, BC190B, BC192, BC210, BC210A, BC216, BC216A, BC234, BC234A, BC289, BC289A, BC289B, BC290, BC290A, BC290B, BC295, BC314, BC325, BC235, BC235A, BC237, BC237A, BC237B, BC238, BC238A, BC238B, BC238S, BC239, BC239B, BC239C, BC260, BC260A, BC260B,

Продолжение

BC260C, WC261, BC261A, BC262, BC262A, BC262B, BC262C, BC263, BC263A, BC263B, BC266, BC266A, BC266B, BC266C, BC280, BC280A, BC280B, BC280C, BC281, BC281A, BC281B, BC281C, BC283, BC284, BC284A, BC284B, BC289, BC289A, BC289B, BC290, BC290A, BC290B, BC295, BC314, BC325, BC326, BC407, BC407A, BC407B, BC408, BC408A, BC408B, BC408C, BC409, BC409B, BC409C, BC418, BC418A, BC418B, BC419, BC419A, BC419B, BC477, BC478, BC479, BC547, BC547A, BC547B, BC548, BC548A, BC548B, BC548C, BC549, BC549B, BC549C, BC557, BC557A, BC578, BC578A, BC578B, BC559, BC559A, BC559B, BCW12, BCW34...BCW37, BCW85, BCW86, BCW92, BCW93, BCW96, BCW97, BCX27, BCY42, BCY43, BCY49, BCY51, BCY55...BC57, BCY58, BCY58A, BCY58B, BCY58C, BCY58AP, BCY58BP, BCY58CP, BCY58P, BCY65, BCY65EP, BCY66, BCY67, BCY69...BCY72, BCY77-7, BCY77-8, BCY77-9, BCY78, BCY79-7, BCY79-8, BCY79-9, BCY79A, BCY79B, BCY79C, BCY86, BCY86A,
BCY86B, BCY93B, BCY94B, BCY95B, BCY96B, BCY97B, BF149...BF151, BSS10... BSS12, BSS23, BSS23A, BSS26, BSS40, BSS41, BSV23...BSV27, BSV33, BSV51, BSV68, BSV89...BSV92, BSW19, BSW19V1, BSW19A, BSW21, BSW21A, BSW22, BSW22A, BSW24...BSW29, BSW32, BSW36...BSW38, BSW41, BSW42, BSW42A, BSW43, BSW43A, BSW44, BSW44A, BSW45, BSW45A, BSW49, BSW60...BSW64, BSW70, BSW72...BSW75, BSW82...BSW85, BC94, BSX12, BSX12A, BCX19... BCX21, BCX24...BCX29, BCX29A, BSX33, BSX35, BSX36, BSH38, BSX39, BSX44, BSX48, BSX49, BSX51, BSX51A, BSX51B, BSX52, BSX52A, BSX52B, BSX53, BSX54, BSX66, BSX67, BSX70, BSX71, BSX75...BSX79, BSX87, BSX87A, BSX88A, BSX89...BSX94, BSY10, BSY11, BSY17, BSY18...BSY23, BSY26...BSY29, BSY32, BSY38, BSY38A, BSY39, BSY39A, BSY40, BSY41, BSY50, BSY55, BSY59...BSY62, BSY62A, BSY62B, BSY63, BSY68, BSY70, BSY72...BSY80, BSY89, BSY93, BSY95, BSY95A, BSY96, BSY99, CS9021, CS9022, CV5439, CV5447, SV5712, SV7005, SV7008, SV7430, SV7431, SV7462...SV7464, SV7492, SV7493, SV7646, SV7673... SV7676, SV7738, SV7767, SV7768...SV7770, SV9023, SV9543, SV10440, SV10806, SV10814, CXT1, D29A5, DS66, DS81, ECS108, GE17, GE20, GE61, EN706, EN708, EN718A, EN744, EN914 ...EN916, EN918, EN930, EN956, EN2222, EN2369A, EN2483, EN2484, EN2894a, EN2907, EN3009, EN3011, EN3013, EN3014, EN3504, EN3505, EN3905, EN3906, EN3962, EN4125, EN4126, FT2483, FT2484, FT2955, FT3905, FT3906, FW4296, FW4297, FW4640, FW4707, FW5241, FW5242, FW5262, FW5263, FW5283, FW53, FW73, FW5373B, FW5437, GET706A, GET708, GET718, GET718A, GET753, GET914, GET929, GET930, GET956, GET995, GET1420, GET2221, GET2221A, GET2222, GET2222A, GET2369, GET2483, GET2484, GET2604, GET2605, GET2906, GET2907, GET3013, GET3014, GET3136, GET3210, GET3301, GET3302, GET3510, GET3511, GET3565, GET3566, GET3646, GET3647, GET3648, GET4123, GET4125, GET4126, GET4400, GET4401, GET4409, GET5136, GET5137, GET5449, GET5450, GET5451, HEP50, HEP51, HT100, ICC50, IRTR95, KS107, KC108, KC109, MDS40, MM511, MM512, MM513, MM2483, MM2484, MM2894, MM2894A, MM3905, MM3906, MPS706, MPS918, MPS2369, MPS2369A, MPS2369/18, MPS3563, MPS3638, MPS3639A, MPS3640, MPS3646, MPS6512, MPS6513, MPS6516, MPS6580, MPS9604, MPS9610, MPSA20, NKT121, NKT122, NKT123, NKT126, NKT129, NKT141, NKT142, NKT254, NKT255, NKT255E, NKT265, OC460, PBC107, PBC108, PBC109, PN930, PN2221, PN2221A, PN2222, PN2222A, PN2369, PN2369A, PN2483, PN2484, PN2906, PN2906A, PN2907, PN2907A, PN5910, PTC121, PTC123, RT113, RT697, RT718, RT1110, RT1111, RT1116, RT1613, RT5418, SC107, SC108, SC109, SE6001, SE6002, SF115, SFT714, SFT715, SK3004, SK3018, SK3019, SK3039, SK3122, SK1361, SK1376, ST9, ST13, ST29, ST33, ST70, ST1026, ST1050, ST1051, ST1543, THP106, THP129, T1408, T1409, T1415, T1419, T1475, T1485, T1S44...T1S50, TN56, TR95, ZT20...ZT24, ZT40, ZT41, ZT44, ZT706, ZT706A, ZT709, ZT929, ZT1708, ZT2475, ZTD10, ZTD11, ZTX107, ZTX108, ZTX109, ZTX301, ZTX310, ZTX311, ZTX312, ZTX313, ZTX314, ZTX320, ZTX331, ZTX510, 2N85, 2N117, 2N118, 2N118A, 2N119, 2N120, 2N160, 2N160A, 2N161, 2N161A, 2N162, 2N162A, 2N163, 2N163A, 2N332, 2N335...2N337, 2N354, 2N355, 2N470, 2N471A, 2N471, 2N472, 2N472A, UN473, UN474, 2N474A, 2N475...2N480, 2N541...2N543, 2N543A, 2N622, 2N698, 2N699, 2N702, 2N703, 2N705, 2N706, 2N706A, 2N706C, 2N708, 2N709, 2N711, 2N711A, 2N711B, 2N715, 2N716, 2N717, 2N718, 2N718A, 2N720, 2N721, 2N721A, 2N722, 2N722A,

2N726, 2N727, 2N728, 2N731, 2N733, 2N734, 2N734A, 2N735, 2N735A, 2N736, 2N736A, 2N736B, 2N739, 2N740, 2N742A...2N751, 2N753, 2N756...2N762, 2N780, 2N783, 2N784, 2N834, 2N839, 2N840, 2N844, 2N847, 2N849, 2N850, 2N851, 2N852, 2N858, 2N859, 2N860...2N865, 2N865A, 2N869, 2N902, 2N907...2N912, 2N914...2N916, 2N918, 2N920, 2N923, 2N925, 2N926, 2N929, 2N929A, 2N930, 2N930A, 2N930B, 2N935...2N946, 2N956, 2N958...2N962, 2N964, 2N978, 2N988, 2N989, 2N995, 2N996, 2N1081, 2N1082, 2N1135, 2N1135A, 2N1150...2N1153, 2N1199, 2N1200, 2N1247...2N1249, 2N1267...2N1272, 2N1386, 2N1389, 2N1417, 2N1418, 2N1420, 2N1420A, 2N1439...2N1443, 2N1469, 2N1491, 2N1492, 2N1588h 2N1591, 2N1594, 2N1623, 2N1714, 2N1764, 2N1983, 2N1990, 2N1992, 2N2048, 2N2205, 2N2206, 2N2214, 2N2217, 2N2220...2N2222, 2N2222A, 2N2222B, 2N2256, 2N2257, 2N2272, 2N2314, 2N2315, 2N2318...2N2320, 2N2331, 2N2349, 2N2350, 2N2350A, 2N2351...2N2353A, 2N2368...2N2369A, 2N2377, 2N2378, 2N2391, 2N2392, 2N2395...2N2397, 2N2401, 2N2411, 2N2412, 2N2413, 2N2424, 2N2425, 2N2475, 2N2481, 2N2483, 2N2484, 2N2501, 2N2509...2N2511, 2N2529, 2N2530, 2N2531... 2N2534, 2N2539, 2N2540, 2N2586, 2N2590, 2N2593, 2N2595...2N2597, 2N2601... 2N2605, 2N2656, 2N2673...2N2678, 2N2692...2N2696, 2N2729, 2N2784, 2N2791... 2N2792, 2N2831, 2N2837...2N2838, 2N2862, 2N2894, 2N2894A, 2N2906, 2N2906A, 2N2907, 2N2907A, 2N2909, 2N2920, 2N2922, 2N2924, 2N2938, 2N2944...2N2946, 2N2969, 2N2970, 2N2971, 2N3009, 2N3010...2N3014, 2N3035, 2N3058, 2N3077, 2N3078, 2N3109...2N3110, 2N3115...2N3117, 2N3121, 2N3131, 2N3235, 2N3136, 2N3210, 2N3227, 2N3242, 2N3242A, 2N3246...2N3247, 2N3249, 2N3261, 2N3292, 2N3300...2N3302, 2N3304, 2N3338, 2N3390, 2N3485, 2N3485A, 2N3486, 2N3486A, 2N3497, 2N3498, 2N3504, 2N3505, 2N3508...2N3511, 2N3544, 2N3545, 2N3565, 2N3566, 2N3606, 2N3640, 2N3641, 2N3646 ...2N3648, 2N3672, 2N3673, 2N3680, 2N3735, 2N3737, 2N3829, 2N3832, 2N3905, 2N3906, 2N3914, 2N3962, 2N3963, 2N3964, 2N3973...2N3976, 2N4013, 2N4033, 2N4034, 2N4058, 2N4059, 2N4123, 2N4125, 2N4126, 2N4207, 2N4275, 2N4400, 2N4401, 2N4409, 2N4418, 2N4420... 2N4422, 2N4449, 2N4450...2N4452, 2N4872, 2N4962, 2N5081, 2N5082, 2N5107, 2N5129, 2N5134, 2N5136, 2N5137, 2N5140, 2N5143, 2N5186, 2N5187, 2N5210, 2N5292, 2N5368, 2N5369, 2N5370...2N5374, 2N5447...2N5451, 2N5763, 2S001, 2S002, 2S014, 2S102, 2S103, 2S324, 2S702, 2S703, 2SA246, 2SA480, 2SA493...2SA495, 2SA509, 2SM530, 2SA550, 2SA550A, 2SA564, 2SA565, 2SA578, 2SA604, 2SA719, 2SB303, 2SB382, 2SB383, 2SC17, 2S37, 2SC39A, 2SC55, 2SC56, 2SC80, 2SC98, 2SC99, 2SC122, 2SC127, 2SC155, 2SC156, 2SC171, 2SC172, 2SC174, 2SC182... 2SC185, 2SC206, 2SC266, 2SC268A, 2SC269, 2SC281, 2SC316, 2SC318, 2SC340, 2SC360, 2SC368, 2SC369, 2SC375, 2SC379, 2SC395, 2SC401, 2SC401A, 2SC402... 2SC404, 2SC404A, 2SC468, 2SC469, 2SC475, 2SC540, 2SC538, 2SC538A, 2SC577, 2SC601, 2SC633, 2SC633A, 2SC645, 2SC689, 2SC733, 2SC735, 2SC764, 2SC907, 2SC934, 2SC957, 2SC1071, 2SC1123, 2SC1126, 2SC1128, 3N34, 3N35, 3N35A, 3N87, 3N88, 26T2, 90T2, 92T6, 93T6, 98T2, 139A, 474, 475, 40231, 40232, 40233, 40234, 40235.

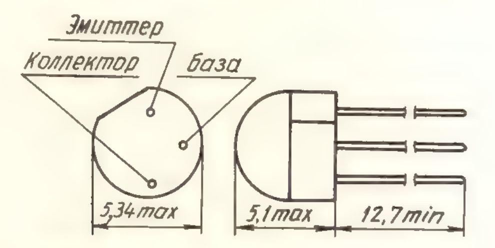


Рис. 5. Тип корпуса ТО-106 имеют транзисторы:

A1380, BC107, BC107A, BC107B, BC108, BC108A, BC108B, BC108C, BC109, BC109B, BC109C, BC147, BC147A, BC147B, BC148, BC148A, BC148B, BC148C, BC149, BC149B, BC149C, BC157, BC157A, BC158, BC158A, BC158B, BC159, BC159A, BC159B, BC177, BC177A, BC178, BC178A, BC178B, BC179, BC179A,

BC202, BC203, BC204, BC204B, BC205, BC205A, BC205B, BC206, BC206A, BC206B, BC207, BC207A, BC207B, BC208, BC208A, BC208B, BC208C, BC209, BC209B, BC209C, BC220, BC237, BC237A, BC237B, BC238, BC238A, BC238B, BC238C, BC239, BC239B, BC239C, BC308, BC308A, BC308B, BC309, BC309A, BC309B, BC437, BC437A, BC437B, BC438, BC438B, BC438C, BC439, BC439B, BC439C, BC467, BC467A, BC467B, BC468, BC468A, BC468B, BC468C, BC469, BC469C, BC469B, BC547, BC547A, BC547B, BC548, BC548A, BC548B, BC548C, BC549, BC549B, BC549C, BC557, BC557A, BC558, BC558A, BC558B, BC559, BC559B, TJ00105, TJA00112, 2N903, 2N904...2N906, 2N929, 2N930, 2N1247...2N1249, 2SC401, 2SC401A, 2SC402, 2SC403, 2SC403A, 2SC404, 2SC404A, 2SC620, ED1401, ED1401A, ED1401B, ED1401C, ED1402, ED1402B, ED1402C.

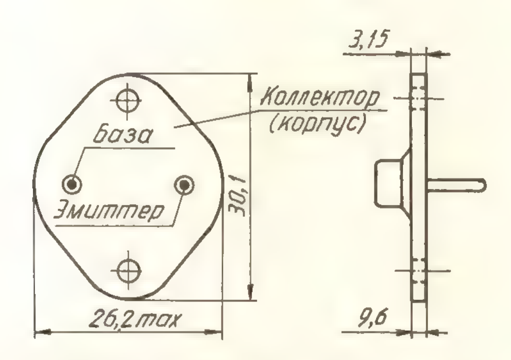


Рис. 6. Тип корпуса ТО-3(1) имеют транзисторы:

A705, BD112, BD113, BDY24, BDY26...BDY28, BDY44, BDY47, BDY50, BDY51, BDY53, BDY60...BDY62, BDY47, BLY47...BLY50, BLY50A, BU100, BU100A, BU102, BU104...BU111, BU113...BU115, BU120, BU126, BU129, BU131...BU133, BU204...BU212, BU326, BUX24...BUX27, BUX41...BUX45, BUX80, BUX82, BUY12... BUY14, BUY16, BUY17, BUY23...24, BUY55, BUY56, BUY69, BUY69A, BUY69C... BUY72, BUY74...BUY79, ESM2623A, ESM2666, ESM2667, IR402, IR410, IR411, IR423...IR425, SDT410, SDT411, SDT413, SDT243, SDT431, SDT4901, SDT4902... SDT4905, SE9020, 2N3878, 2N3979, 2N3902, 2N4231, 2N4231A, 2N4240, 2N4395, 2N4396. 2N6500, 2N6542, 2N6543, 2N6544, 2N6546, 2N6547, 2SC270, 2SD83, 2SД88, 2SД90, 2SД93, 2SД102, 2SД189, 2SД198, 2SД199, 2SД338, 2SД350, 2SД458.

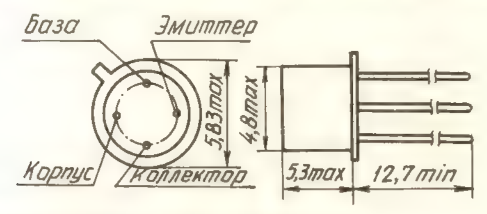


Рис. 7. Тип корпуса ТО-92(2) имеют транзисторы:

BC549	BC113A	BC125	BC130C	BC135A
BC108A	BC114	BC126	BC131	BC136
BC108	BC114A	BC129	BC131B	BC137
BC107	BC115	BC129A	BC131C	BC147
BC108C	BC116	BC129B	BC132	BC147A
BC109	BC116A	BC130	BC132A	BC147B
BC109C	BC118	BC130A	BC134	BC148
BC113	BC119	BC130B	BC135	BC148A

BC148B
BC148C
BC149
BC149B
BC149C
BC150
BC151
BC152
BC153
BC154
BC157
BC157A
BC158
BC158A
BC158B
BC159
BC159A
BC159B
BC167
BC167A
BC167B
BC168
BC168A
BC168B
BC168C
BC169
BC169B
BC169C
BC170
BC170A
BC170B
BC170C
BC171
BC171A
BC171B
BC172
BC172A
BC172B
BC172C
BC173
BC173B
BC173C
BC177
BC177A
BC178
BC178A
BC178B
BC179
BC179A
BC199B
BC199C
BC201
BC204V
BC204VI
BC205V
BC205VI
BC206V
BC206VI
BC207C
BC212
BC212A
BC212B
BC212K
BC212L
BC213
BC213A
BC213B
BC213C
BC213K
BC213KA
BC213KB
BC213KC
BC213L
BC213LA
BC213K
BC213L
BC214
BC214A
BC214B
BC214C
BC214K
BC214KA
BC214L
BC214LA
BC215
BC215A
BC215B
BC216
BC216A
BC221
BC222
BC223
BC223A
BC223B
BC224
BC225
BC226
BC226A
BC231
BC231A
BC231B
BC232
BC232A
BC232B
BC237
BC237A
BC237B
BC238
BC238A
BC238B
BC238C
BC239
BC239B
BC239C
BC240
BC241
BC242
BC243
BC244
BC245
BC246
BC247
BC248
BC249
BC250
BC250A
BC250B
BC250C
BC251A
BC251B
BC251C
BC252A
BC252B
BC252C
BC253A
BC253B
BC253C
BC254-257
BC257A
BC257B
BC258
BC258A
BC258B
BC258C
BC259
BC259A
BC259B
BC259C
BC267
BC267A
BC267B
BC268
BC268A
BC268B
BC268C
BC269
BC269B
BC269C
BC270
BC270-5
BC270-6
BC270A
BC270B
BC270C
BC271
BC272
BC273
BC273A
BC273B
BC273D
BC274
BC274V
BC274VI
BC274A
BC274B
BC275
BC275V
BC275VI
BC275A
BC275B
BC275C
BC276
BC276A
BC276B
BC276C
BC277
BC277A
BC277B
BC278
BC278A
BC278B
BC278C
BC279
BC279A
BC279B
BC279C
BC281
BC281A
BC281B
BC281C
BC282
BC283
BC307
BC307VI
BC307A
BC308
BC308VI
BC308A
BC308B
BC309
BC309A
BC309B
BC315
BC317
BC317A
BC317B
BC318
BC318A
BC318C
BC318C
BC319
BC319A
BC319B
BC319C
BC320A
BC320B
BC321
BC321A
BC321B
BC321C
BC322
BC322B
BC325
BC326
BC329B
BC329C
BC330
BC330B
BC330C
BC331A
BC331B
BC331C
BC332A
BC332B
BC332C
BC333
BC334
BC335
BC336
BC340-6
BC340-10
BC340-16
BC341-6
BC341-10
BC347
BC347A
BC347B
BC347L
BC348
BC348A
BC348B
BC348L
BC349
BC349A
BC349B
BC349L
BC350
BC350A
BC350B
BC350L
BC351
BC351A
BC351B
BC351L
BC352
BC352A
BC352B
BC352L
BC354
BC355
BC355A
BC355B
BC355C
BC357
BC358
BC370
BC370-6
BC370-7
BC370A
BC370B
BC377
BC377-6
BC377-7
BC377-8
BC378

BC378-6
BC378-7
BC378-8
BC381
BC382
BC382B
BC382C
BC383
BC383B
BC383C
BC384
BC384B
BC384C
BC385
BC385A
BC386
BC386A
BC386B
BC387
BC388
BC389
BC390
BC391
BC407
BC407A
BC407B
BC408
BC408A
BC408B
BC408C
BC409
BC409B
BC409C
BC410
BC413
BC413B
BC413C
BC414
BC414B
BC414C
BC415
BC415A
BC416
BC416A
BC417
BC417A
BC418
BC418A
BC418B
BC419A
BC419B
BC427
BC437
BC437A
BC437B
BC438
BC438A
BC438B
BC438C
BC439
BC439B
BC439C
BC467
BC467A
BC467B
BC468
BC468A
BC468B
BC468C
BC469
BC469B
BC469C
BC507
BC508
BC509
BC510
BC512
BC512A
BC512B
BC513
BC513A
BC513B
BC514
BC514B
BC514C
BC546
BC546A
BC546B
BC582
BC582A
BC582B
BC583
BC583A
BC583B
BC583C
BC584
BC584B
BC584C
BCW10
BCW10K
BCW10L
BCW10M
BCW11
BCW11K
BCW11L
BCW11M
BCW12
BCW12K
BCW12L
BCW12M
BCW13
BCW13K
BCW13L
BCW13M
BCW14
BCW14K
BCW14L
BCW14M
BCW15
BCW15K
BCW15M
BCW15L
BCW16
BCW16K
BCW16L
BCW16M
BCW17
BCW17K
BCW17L
BCW17M
BCW18
BCW18K
BCW18L
BCW18M
BCW19
BCW19K
BCW19L
BCW19M
BCW20
BCW20K
BCW20L
BCW20M
BCW21
BCW21K
BCW21L
BCW21M
BCW22
BCW22K
BCW22L
BCW22M
BCW23
BCW23K
BCW23L
BCW23M
BCW38
BCW39
BCW46
BCW47
BCW48
BCW49
BCW57
BCW58
BCW59
BCW90
BCW90A
BCW90B
BCW90C
BCW90K
BCW90KA
BCW90KB
BCW90KC
BCW91
BCW91A
BCW91B
BCW91K
BCW91KA
BCW91KB
BCW92
BCW92A
BCW92B
BCW92K
BCW92KA
BCW92KB
BCW93
BCW93A
BCW93B
BCW93K
BCW93KA
BCW93KB
BCW94
BCW94A
BCW94B
BCW94C
BCW94K
BCW94KA
BCW94KB
BCW94KC
BCW95
BCW95A
BCW95B
BCW95K
BCW95KA
BCW95KB
BCW96
BCW96A
BCW96B
BCW96K
BCW96KA
BCW96KB
BCW97
BCW97A
BCW97B
BCW97K
BCW97KA
BCW97KB
BCY58AP
BCY58BP
BCY58CP
BCY58DP
BCY59AP
BCY59BP
BCY59CP
BCY59DP
BCY65EP
BCY69
BCY77AP
BCY77BP
BCY77CP
BCY78
BCY78AP
BCY78BP
BCY78CP
BCY78DP
BCY79
BCY79-7
BCY79-8
BCY79-9
BCY79A
BCY79AP
BCY79B
BCY79BP
BCY79C
BCY79CP
BCY94B
BCY95B
BCY96B
BCY97B
BSW52
BSW53
BSW54
BSW61
BSW62
BSW63
BSW69
BSW92
BSX21
BSX32
BSX51
BSX51B
BSX51A
BSX51B
BSX52
BSX52A
BSX52B
BCX52B
BCX72
BCX97
BSY59
BSY61
BSY89
BSY90
BSY91
ED1402
ED1402B
ED1402C
ED1602
EN3903
EN3904
EN4123
EN4124
EN4125
FW5262
FW5283
FW5373
FW5376
FW5437
GET3301
GET3302
GET3402
GET3403
GET3404
GET3405
GET3414
GET3415
GET3416

GET3417	MPSH85	2N1594	2N4425	2S2454
GET3566	PBC138	2N2711...2714	2N4951	2SC460
GET3568	PBC183	2N2921	2N4952	2SC461
GET3569	SE4001	2N2922	2N4953	2SC536
GET3644	SE4002	2N2923	2N4954	2SC537
GET3691	SE4010	2N2924...2926	2N4962	2SC538
GET3692	SF115	2N2946	2N5081	2SC538A
GET3693	SF123	2N3287...3291	2N5082	2SC539
GET3694	SK3004	2N3291A	2N5086	2SC587
GET4124	SK3019	2N3293	2N5087...5089	2SC631
GET4228	SS1361	2N3294	2N5139	2SC632
GET4229	SS1376	2N3300	2N5172	2SC634
GET4264	ST1026	2N3301	2N5209	2SC641
GET4402	ST1050	2N3302	2N5210	2SC644
GET4403	ST1051	2N3391	2N5219	2SC648
GET5086	TIS62	2N3391A	2N5223	2SC693
GET5088	TJ00105	2N3392...3398	2N5225...5227	2SC711
GET5139	TJ00111	2N3402...3405	2N5354...5367	2SC712
GET5172	TJ00112	2N3414...3417	2N5447	2SC715
GET5209	TJA00112	2N3566	2N5448	2SC773
GET5210	ZTX109	2N3568	2SA539	2SC814
GET5219	ZTX213	2N3569	2SA561	2SC815
GET5223	ZTX330	2N3607	2SA562	2SC828
GET5225	ZTX331	2N3642...3644	2SA565	2SC828A
GET5226	ZTX337	2N3691...3694	2SA603	2SC838
GET5227	ZTX342	2N3702...3711	2SA604	2SC858
GET5354	ZTX382	2N3854...3856	2SA666	2SC870
GET5355	ZTX382B	2N3860	2SA666A	2SC871
GET5356	ZTX382C	2N3903	2SA673	2SC894
GET5365	ZTX383	2N3904	2SA677	2SC899
GET5366	ZTX383B	2N3964	2SA678	2SC900
GET5367	ZTX383C	2N3965	2SA683	2SC984
HEP734	ZTX384	2N3973	2SA704	2SC1000
HEP738	ZTX384B	2N3974	2SA705	2SC1071
IP40521	ZTX384C	2N3975	2SA719	2SC1204
MEO402	ZTX500	2N3976	2SA730	2SC1210
MEO411	2N117	2N4058	2SC362	2SC1213
MEO412	2N118	2N4059	2SC366	2SC1214
ME8001	2N118A	2N4060	2SC367	2SC1317
MPS292	2N119	2N4061	2SC370	2SC1318
MPS370	2N120	2N4062	2SC371	2SC1327
MPS404	2N163	2N4121	2SC371G	2SC1328
MPS404A	2N163A	2N4123	2SC372	2SC1335
MPS653	2N867	2N4124	2SC372G	2SC1344
MPS2926	2N903	2N42448...4250	2SC373	2SC1346
MPS3646	2N904	2N4264	2SC378G	2SC1347
MPS6512	2N905	2N4265	2SC374	A01
MPS6513	2N906	2N4284	2SC377	A415
MPS6514	2N1131	2N4285	2SC380	A467
MPS6517	2N1131A	2N4286	2SC394	A473
MPS6518	2N1132	2N4288	2SC398	AC164
MPS6519...6523	2N1132A	2N4289	2SC399	AF44
MPS6530...6535	2N1132B	2N4290	2SC401	AF101
MPS6560...6563	2N1247	2N4292	2SC401A	AF105
MPS6580	2N1248	2N4401	2SC402	AF105A
MPS6599	2N1249	2N4402	2SC403	AF110
MPSA05	2N1417	2N4403	2SC403A	AF111
MPSA70	2N1418	2N4411	2SC404	AF112
MPSH81	2N1591	2N4424	2SC404A	AF113

AF114
AF114N
AF115
AF115N
AF116
AF116N
AF117
AF117N
AF119
AF120
AF121
AF121S
AF124
AF125
AF126
AF127
AF129
AF130
AF131
AF132
AF133
AF134
AF135
AF136
AF137
AF137S
AF138
AF200
AF200V
AF201
AF201S
AF202

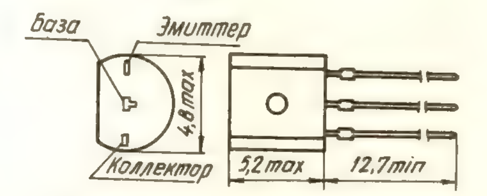


Рис. 8. Тип корпуса ТО-72(2) имеют транзисторы:

AF202S
AFY13
AFY15
2FY29
AM11
AM12
AM13
AM14
AM15
AM16
BF158
BF159
BF165
BF168
BF169
BF175
BF176
BF188
BF189
BF194
BF195
BF196
BF197
BF198
BF199
BF214
BF215
BF222
BF224
BF225
BF227
CK759
CK760
2N1636
2N1637
2N1638
2N1639
2N1673
2N1727
2N1742
2N1744
2N2083
2N2089
2N2090
2N2091
2N2092
2N2093
2N2189
2N2190
2N2610
2N2654
2N2672A
2N2715
2N2716
2N3493
2N4433
2N4434
2N4435
2N6209
2N6210
3N71
3N72
2N73
4D24
4D25
4D26
6MC
8D
8E
8F
2OMC
25T1
26T1
31T1
32T1
33T1
34-6000-3
34-6000-18
34-6000-19
34T1
35T1
36T1
37T1
44A
45A
99BA6
99BE6
121-44
121-45
150A
153T1
154T1
155T1
156T1
157T1
159T1
222
225
228
234
254T1
255T1
256T1
CS9011H
CS9013E
CS9013H
CS9016D
SC9016E
CS9017D
CS9017E
CS9021D
CS9021E
CTD1390
CTP1400
CTP1410
CV5105
CV5710
CV5874
CV7089
CV8315
CV8316
CV8343
CV8344
CV8354
DR126
DS34
FW5264
FW5274
FW5275
FW5276
GET873
GET874
GET883
GET884
GET42A
GET42B
GET43
GET43A
GET43B
GET43C
GET44
GET44/15
GR11
GT12
GT13
GT20H
CT161
GT759
GT760
GT760R
GT761
GT762
GT762R
HA8
HA9
HA10
HF1
HF2
HY22D
HY23
HY23D
HY37
HY55
HY56
HY57
HY60
HY70
HY71
HY72
HY73
HY74
HY75
IF1
XA131
XA141
XA142
XA143
Y482
Y483
Y485
ZS30
ZS35
ZS36
ZS43
0124
012H01
0T2H01
2G114
2G116
2G117
2G138
2G139
2G140
2G301
2G302
2G303
2G304
2G344
2G345A
2G345B

2G371	2N484	2N1631	AF197	T2400
2G371A	2N485	2N1632	AF198	TIS84
2G371B	2N486	2N1633	AF200	TY364
2G371C	2N499	2N1634	AF200U	TY365
2G401	2N503	2N1635	AF201S	TY385
2G402	2N504	2SC160	AF201	TY386
2G414	2N544	2SC186	AF202	TY387
2G415	2N614	2SC187	AF202S	TY388
2G416	2N615	2SC196	AFY13	TY389
2G417	2N616	2SC271	AFY15	TY397
2N25/510	2N623	2SC286	AFY29	XY398
2N41	2N624	2SC288	AM11	TY399
2N88	2N640	2SC338	AM12	TR761
2N89	2N641	2SC429	AM13	TR802
2N90	2N642	2SC464	AM14	TRC44
2N93	2N729	2SC465	AM15	TRC45
2N116	2N799	2SC477	AM16	TRC360
2N123	2N960	2SC562	BF158	TS3
2N123/5	2N961	2SC731	BF159	TS7
2N123A	2N962	2SC732	BF168	TS8
2N128	2N990	2SC800	BF169	TS620
2N129	2N991	2T201	BF175	TS621
2N135	2N992	2T203	BF176	XA101
2N136	2N993	2T204	BF188	XA102
2N137	2N1065	2T204A	BF189	XA111
2N139	2N1093	2T205	BF191	XA112
2N140	2N1107	2T205A	BF194	XA125
2N218	2N1108	2T2001	BF195	2SA152
2N219	2N1109	3MC	BF196	2SA153
2N231	2N1110	3N25	BF197	2SA154
2N232	2N1111	AF136	BF198	2SA155
2N247	2N1122	AF137	BF199	2SA156
2N248	2N1122A	AF137S	BF214	2SA157
2N252	2N1149	AF138	CK759	2SA158
2N274	2N1224	AF142	CK760	2SA159
2N300	2N1225	AF143	CK761	2SA160
2N308	2N1226	AF144	CK762	2SA167
2N309	2N1264	AF146	CK766	2SA168
2N310	2N1266	AF147	CK766A	2SA168A
2N344	2N1276	AF148	CK896A	2SA175
2N345	2N1278	AF149	CK897A	2SA176
2N370	2N1400	AF150	CK898A	2SA178
2N371	2N1401A	AF156	ST28	2SA180
2N372	2N1402	AF164	ST370	2SA181
2N373	2N1404	AF165	ST171	2SA182
2N374	2N1411	AF166	ST172	2SA183
2N384	2N1425	AF167	T1360	2SA184
2N409	2N1426	AF168	T1361	2SA188
2N410	2N1427	AF169	T1375	2SA189
2N411	2N1515	AF170	T1390	2SA190
2N412	2N1516	AF171	T1675	2SA191
2N413	2N1517	AF172	T1690	2SA192
2N413A	2N1524	AF179	T1691	2SA193
2N415	2N1526	AF185	T1692	2SA194
2N415A	2N1527	AF188	T1727	2SA195
2N435	2N1586	AF189	T1737	2SA196
2N481	2N1587	AF193	T1814	2SA197
2N482	2N1589	AF195	T2384	2SA198
2N483	2N1590	AF196	T2399	2SA199

2SA200
2SA201
2SA202
2SA203
2SA204
2SA206
2SA208
2SA209
2SA210
2SA219
2SA220
2SA221
2SA222
2SA223
2SA224
2SA226
2SA227
2SA233
2SA234
2SA235
2SA236
2SA237
2SA250
2SA251
2SA252
2SA253
2SA254
2SA255
2SA256
2SA257
2SA258
2SA259
2SA266
2SA267
2SA268
2SA269
2SA270
2SA271
2SA272
2SA273
2SA274
2SA275
2SA277
2SA278
2SA279
2SA285
2SA286
2SA287
2SA291
2SA293
2SA295
2SA296
2SA297
2SA298
2SA299
2SA300
2SA301
2SA302
2SA307
2SA313
2SA314
2SA315
2SA316
2SA322
2SA323
2SA324
2SA340
2SA341
2SA342
2SA350
2SA351
2SA352
2SA353
2SA354
2SA357
2SA358
2SA360
2SA364
2SA365
2SA367
2SA368
2SA369
2SA372
2SA380
2SA381
2SA382
2SA383
2SA384
2SA400
2SA427
2SA433
2SA457
2SA468
2SA469
2SA470
2SA471
2SA472
2SA474
2SA477
2SB182
2SB302
2SB303
2SB335
2SC40
2SC53
2SC71
2SC72
2SC73
2SC75
2SC76
2SC77
2SC121
2SC124
2N411
2N412
2N415
2N415A
2NY5A
2NY8A
2NY50
2NY51
2S4
2S13
2S25
2S30
2S31
2S35
2S36
2S41
2S43
2S45
2S49
2S52
2S53
2S60
2S62
2S63
2S92
2S92A
2S93
2S109
2S110
2S112
2S140
2S141
2S142
2S143
2S144
2S145
2S146
2S148
2S149
2S155
2S160
2S178
2S179
2S333
2SA12
2SA13
2SA14
2SA15
2SA16
2SA17
2SA18
2SA19
2SA20
2SA21
2SA22
2SA23
2SA24
2SA25
2SA27
2SA28
2SA29
2SA30
2SA31
2SA35
2SA36
2SA37
2SA38
2SA39
2SA40
2SA41
2SA42
2SA43
2SA44
2SA45
2SA48
2SA49
2SA51
2SA52
2SA53
2SA57
2SA58
2SA59
2SA60
2SA61
2SA69
2SA70
2SA71
2SA72
2SA73
2SA74
2SA75
2SA76
2SA77
2SA80
2SA81
2SA82
2SA83
2SA84
2SA85
2SA86
2SA89
2SA90
2SA92
2SA93
2SA94
2SA101
2SA102
2SA103
2SA104
2SA105
2SA106
2SA108
2SA109
2SA110
2SA111
1SA112
2SA113
2SA114
2SA115
2SA116
2SA117
2SA118
2SA121
2SA122
2SA123
2SA124
2SA125
2SA130
2SA131
2SA132
2SA133
2SA136
2SA137
2SA138
2SA139
2SA141
2SA142
2SA143
2SA144
2SA145
2SA146
2SA147
2SA148
2SA149
2SA151
SE5024
SE5025
SF166
SF167
SF173
SF196
SF197
SFT105
SFT106
SFT107
SFT108
SFT115
SFT116
SFT117
SFT118
SFT119
SFT315
SFT316
SFT317
SFT319
SFT320
SFT354
SFT357
SFT358
SK3005
SK3008
ST28
ST370
ST171
ST172
T1360
T1361
T1375
T1390
T1675
T1690
T1691

T1692	2G345B	CTP1390	HJ75	RRJZ20
T1727	2G371	CTP1400	IF1	RRJZ34
T1737	2G371A	CTP1410	IF2	RRJZ38
T1814	2G371B	CV5105	IF3	SE2001
T2384	2G371C	CV5710	KFT357F	SE3001
T2399	2G401	CV5874	KFT357P	SE5001
T2400	2G402	CV7003	M10H	SE5002
TIS84	2G414	CV8315	MMR6-2	SE5003
TJ364	2G415	CV8316	MMR6-3	SE5020
TJ365	2G416	CV8343	MPS6569	SE5021
TJ385	2G417	CV8344	MPS9600	SE5022
TJ386	2N25/501	CV8354	MPS9601	SE5023
TJ387	2N41	OR126	MPS9602	IF2
TJ388	2N88	FW5264	MPS9603	IF3
TJ389	2N89	FW5274	NKT32	MMR6-2
TJ397	2N90	FW5275	NKT33	MMR6-3
TJ398	2N93	FW5276	NKT42	MPS6569
TJ399	2N116	GET873	NKT43	MPS9600
TJ400	2N123	GET874	NKT152	MPS9601
TR761	2N123/5	GET883	NKT603	MPS9602
TR802	2N123A	GET884	NKT613	MPS9603
TRC44	2N137	GET42A	NKT674	NKT33
TRC45	2N139	GET42B	NKT675	NKT42
TS3	2N140	GET43	NKT677	NKT43
TS7	2N218	GET43A	OC57	NKT133
TS8	2N219	GET43B	OC58	NKT152
TS620	2N231	GET43C	OC59	NKT603
TS621	2N232	GET44	OC60	NKT613
XA101	2N267	GET44/15	OC169	NKT674
XA102	2N274	GET45	OC170	NKT675
XA111	2N300	GT11	OC171	NKT677
XA112	2N308	GT12	OC320	OC5
XA125	2N309	GT13	OC330	OC44
XA131	2N310	GT14H	OC331	OC45
XA141	2N344	GT20H	OC340	OC57
XA142	2N345	GT759	OC341	OC58
XA143	2N370	GT760	OC342	OC59
Y482	2N371	GT760R	OC343	OC60
Y483	2N372	GT761	OC350	OC169
Y485	2N373	GT762	OC351	OC170
ZS30	2N374	GT762R	OC360	OC171
ZS35	2N384	HA8	OC361	OC320
ZS36	2N409	HA9	OC362	OC330
ZS43	2N410	HA10	OC363	OC331
O12H	CK761	HF1	OC364	OC340
O12H01	CK762	HF2	OC390	OC341
OT2H01	CK766	HJ22D	OC6015	OC342
2G114	CK766A	HJ23	OX4001	OC343
2G116	CK896A	HJ23D	PADT23	OC350
2G117	CK897A	HJ37	PADT24	OC351
2G138	CK898A	HJ55	PADT25	OC360
2G139	CS9011E	HJ56	PADT31	OC361
2G140	CS9013H	HF57	RR14	OC362
2G301	CS90160	HJ60	RR20	OC363
2G302	CS9016E	HJ70	RR34	OC364
2G303	CS9017D	HJ71	RR160	OC390
2G304	CS9017E	HJ72	RR161	OC610
2G344	CS90210	HJ73	RR162	OC612
2G345A	CS9021E	HJ74	RRJZ14	OC613

OC614	PADT25	RRYZ20	SFT108	SFT317
OC615	PADT31	RRYZ34	SFT115	SFT319
OC622	RR14	RRYZ38	SFT116	SFT320
OC623	RR20	SB100	SFT117	SFT354
OC624	RR34	SE2001	SFT118	SFT357
OC6015	RR160	SE3001	SFT119	SFT358
OX4001	RR161	SE5001	SFT120	SK3005
PADT23	RR162	SE5002	SFT315	SK3008
PADT24	RRYZ14	SE5003	SFT316	

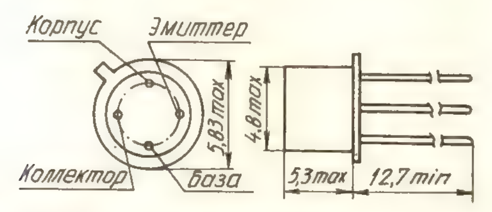


Рис. 9. Тип корпуса ТО-72(1) имеют транзисторы:

A430	AFZ11	SFT172	2N1066	2N3662
A480	AFZ12	SFT173	2N1141	2N3663
A483	AM18	SFT174	2N1142	2N3783
A484	ASZ20	SFT187	2N1143	2N3784
A485	DS34	SFT357P	2N1177	2N3785
A705	DS41	SK3006	2N1178	2N3933
A1243	EN918	SK3007	2N1179	2N4252
AF102	ESM2282	T1694	2N1180	2N4253
AF106	FMT1061	T1695	2N1195	2N4934
AF106A	EMT1061A	T1696	2N1385	2N4935
AF107	FW4296	T2369	2N1397	2N4936
AF108	FW4297	T2602	2N1398	2N5024
AF109	FW4298	T1363	2N1399	2N5032
AF109R	FW4640	TIXM01	2N1406	2N5053
AF122	GF507	TIXM02	2N1407	2N5054
AF139	GFT41	TIXM03	2N1525	2N5072
AF178	GM290	TIXM04	2N2180	2N5170
AF180	IW9570	TIXM05	2N2415	2N5180
AF181	MM1941	TIXM06	2N2494	2N6304
AF182	MM8006	TIXM07	2N2495	2N6305
AF186	MM8007	TIXM08	2N2496	2SA116
AF186G	MPS918	TIXM10	2N2615	2SA117
AF186W	MPS6568	TIXM11	2N2616	2SA118
AF239	NKT143	TIXM18	2N2671	2SA134
AF239S	NKT144	TIXM19	2N2857	2SA135
AF253	NKT676	TM0045	2N2865	2SA161
AF256	PADT28	XA-161	2N3074	2SA213
AF257	PADT30	ST2708	2N3075	2SA214
AF264	PN918	ZTX320	2N3279	2SA215
AFY12	RT3101	2G101	2N3280	2SA216
AFY37	RT3102	2G102	2N3281	2SA218
AFY39	S3571	2N346	2N3282	2SA229
AFY40	SE5052	2N501	2N3399	2SA230
AFY41	SE5055	2N501A	2N3478	2SA238
AFY42	SF180	2N502	2N3570	2SA239
AFY45	SF181	2N502A	2N3571	2SA240
AFY46	SFT163	2N917	2N3572	2SA241
AFY47	SFT171	2N917A	2N3588	2SA242

2SA243	2SA361	2SA454	2SC430	2SC707
2SA260	2SA377	2SA455	2SC463	2SC717
2SA288	2SA403	2SA456	2SC535	2SC761
2SA289	2SA422	2SA506	2SC567	2SC762
2SA290	2SA428	2SC272	2SC568	2SC804
2SA343	2SA432	2SC287	2SC611	2SC947
2SA345	2SA434	2SC289	2SC612	2SC948
2SA346	2SA435	2SC313	2SC629	102A
2SA347	2SA447	2SC388	2SC653	160T1
2SA348	2SA448	2SC389	2SC683	161T1
2SA349	2SA453	2SC429	2SC684	162T1

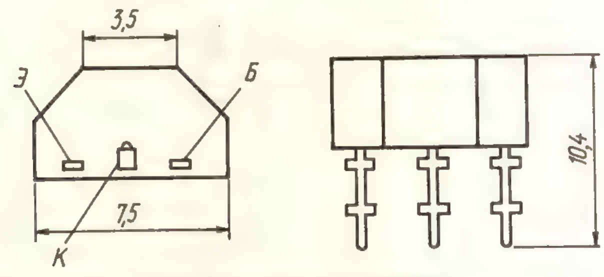


Рис. 10. Тип корпуса SOT-25(2) имеют транзисторы:

AC125	BC238	BC309	BC417	BC548B
AC126	BC238A	BC309A	BC417A	BC548C
BC107B	BC238B	BC309B	BC418	BC549C
BC108	BC238C	BC407	BC418A	BC557
BC108A	BC239	BC407A	BC418B	BC558
BC108B	BC239B	BC407B	BC419	BC558A
BC108C	BC239C	BC408	BC419A	BC558B
BC109	BC307	BC408A	BC419B	BC559
BC109B	BC307A	BC408B	BC547	BC559A
BC109C	BC308	BC408C	BC547A	BC559B
BC237	BC308A	BC409	BC547B	SF115
BC237A	BC308B	BC409B	BC548	2N2726
BC237B	BC309	BC409C	BC548A	

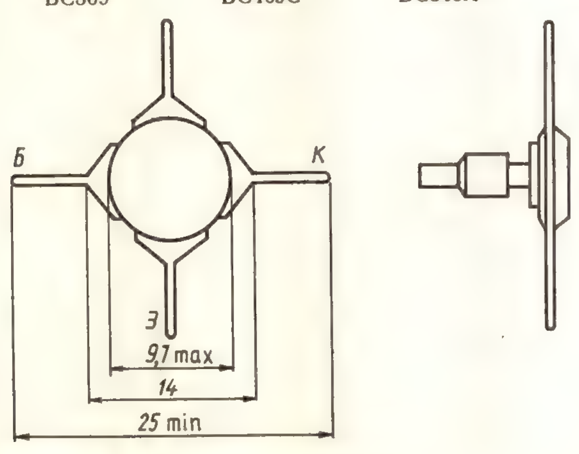
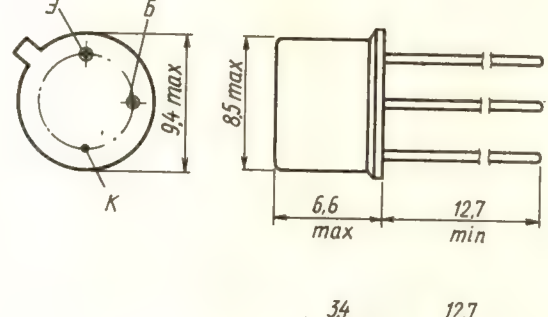


Рис. 11. Тип корпуса SOT-48/3 имеют транзисторы:

A209
BLX68
BLX67
BLX91
BLX91A
BLX92
BLX93
BLX96
BLX97
BLY37
BLY38
BLY76
MM1549
MM1550
MSC80091
SD1005
SD1102
SD1103
SD1116
2N5635
2N5636
2N5644
2N5645
2N5699
2N5773
2N5774
2N5914
2N5915
2N5916
2N5917
2N5918
2N5922
2N5923
2N5924
2N6080
2N6135
2N6202
2N6203



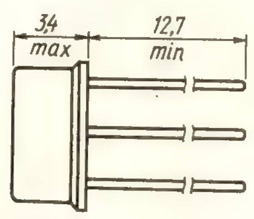


Рис. 12. Тип корпуса ТО-39(2) имеют транзисторы:

AA1
AA2
AC30
AC122/30
AC129
AC130
AC152V
AC182
AC530
AC540
AC541
AC542
AC550
AC551
AC552
AC553
AC554
AC555
ACY17
ACY18
ACY19
ACY20
ACY21
ACY22
ACY24
ACY27
ACY28
ACY29
ACY30
ACY32
ACY41
ACY44
AFY14
AFZ10
ASY12
ASY13
ASY14
ASY15
ASY16
ASY17
ASY18
ASY19
ASY23
ASY24
ASY24B
ASY26
ASY27
ASY28
ASY29
ASY30
ASY31
ASY32
ASY48
ASY50
ASY54
ASY55
ASY56
ASY57
ASY58
ASY59
ASY60
ASY61
ASY62
ASY63
ASY64
ASY66
ASY70
ASY73
ASY74
ASY75
ASY81
ASZ10
ASZ11
ASZ12
ASZ20
ASZ30
AT270
AT271
AT275
BCY17
BCY18
BCY19
BCY20
BCY21
BCY22
BCY23
BCY24
BCY25
BCY26
BCY27
BCY28
BCY29
BCY30
BCY31
BCY32
BCY33
BCY34
BCY38
BCY39
BCY40
BCY54
BCY90
BCY91
BCY92
BCZ10
BCZ11
BCZ12
BCZ13
BCZ14
CK13
CK14
CK17
CK65
CV7344
CV7345
CV7346
CV7348
CV7349
CV7350
CV7351
CV7352
CV7353
CV7354
CV7355
CV7746
CV7747
CV8346
CV8760
CV8841
CV8842
GA004
GC120
GC122
GC508
GC509
GC519
GE1
GE5
GE7
GET2

Продолжение

GET110	OC77	SFT307	2N145-7	2N327A
GET115	OC122	SFT308	2N146	2N328
GET120	OC139	SFT507	2N147	2N328A
GET535	OC140	SFT508	2N148	2N329
GET536	OC141	T1903	2N148A	2N329A
GET538	OC202	TA1763	2N149	2N330
GET880	OC203	TF65/60M	2N149A	2N330A
GET881	OC204	TF66/60	2N150	2N356
GET885	OC205	TF70	2N150A	2N357
GET889	OC206	TF71	2N164	2N358
GET890	OC307	TF72	2N164A	2N377
GET891	OC307-1	TK23A	2N165	2N377A
GET892	OC307-2	TK40C	2N166	2N385
GET895	OC307-3	TK45C	2N167	2N385A
GET896	OC308	TR722	2N167A	2N388
GET897	OC400	TRC76	2N168	2N388A
GT41	OC410	TRC77	2N168A	2N394
GT42	OC430	XA151	2N169	2N394A
GT43	OC440	XA152	2N169A	2N395
GT45	OC443	XA162	2N170	2N396
GT70	OC445	XA701	2N172	2N396A
GT88	OC449	XA702	2N182	2N397
HA7531	OC450	XA703	2N183	2N404
HEP2	OC463	XB121	2N184	2N413
HEP253	OC465	2SY30	2N193	2N414A
NKT122	OC466	2SY31	2N194	2N414
NKT123	OC467	2SY32	2N194A	2N416
NKT124	OC468	2SY33	2N211	2N417
NKT126	OC468K	2SY34	2N212	2N425
NKT127	OC469	2SY38	2N216	2N426
NKT129	OC470K	2SY39	2N228	2N427
NKT141	RT2460	2G526	2N229	2N428
NKT142	SFT126	2G527	2N233	2N440
NKT152	SFT127	2G577	2N233A	2N443
NKT217	SFT128	2G1024	2N253	2N495
NKT219	SFT142	2G1025	2N254	2N496
NKT223	SFT143	2G1026	2N258	2N515
NKT224	SFT144		2N259	2N516
NKT225	SFT206	2N27	2N260	2N517
NKT229	SFT207	2N28	2N260A	2N519
NKT243	SFT208	2N29	2N262	2N520
NKT247	SFT221	2N35	2N262A	2N551
NKT265	SFT222	2N43A	2N269	2N554
NKT270	SFT223	2N78	2N271	2N554A
NKT272	SFT226	2N94	2N271A	2N555
NKT274	SFT227	2N94A	2N384	2N555A
NKT275	SFT228	2N98	2N384A	2N556
NKT302	SFT229	2N98A	2N292	2N556A
NKT304	SFT234	2N100	2N293	2N557
NKT351	SFT241	2N103	2N302	2N558
NKT736	SFT242	2N111	2N303	2N576
NKT773	SFT251	2N112	2N311	2N576A
NKT774	SFT252	2N113	2N312	2N579
OC37	SFT253	2N114	2N315	2N580
OC41	SFT259	2N124	2N316	2N583
OC42	SFT260	2N125	2N317	2N585
OC46	SFT261	2N126	2N322	2N587
OC47	SFT288	2N135	2N323	2N597
OC76	SFT298	2N136	2N327	2N598

2N599
2N617
2N634A
2N635A
2N636A
2N643
2N644
2N645
2N646
2N647
2N649
2N650
2N651
2N651A
2N652
2N652A
2N653
2N658
2N659
2N660
2N661
2N662

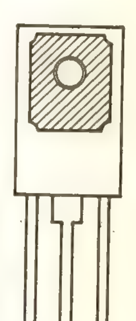
2N927
2N928
2N943
2N944
2N945
2N946
2N978
2N1000
2N1012
2N1017
2N1034
2N1056
2N1057
2N1058
2N1125
2N1143
2N1174
2N1185
2N1186
2N1187
2N1188
2N1189
2N1190
2N1191
2N1192
2N1193
2N1194
2N1217
2N1219
2N1220
2N1222
2N1228
2N1265
2N1274
2N1280
2N1281
2N1282
2N1300
2N1301
2N1302
2N1303
2N1304
2N1305
2N1306
2N1307
2N1308
2N1309
2N1314
2N1315
2N1316
2N1348
2N1371
2N1373
2N1374
2N1375
2N1376
2N1377
2N1379
2N1381
2N1447
2N1478
2N1605
2N1754
2N1808
2N1891
2N1907
2N1920
2N1921
2N1924
2N1925
2N1926
2N1969
2N1993
2N1994
2N1995
2N1997
2N1998
2N1999
2N2000
2N2004
2N2005
2N2225
2N2374
2N2375
2N2706
2N2709
2N3427
2N3428
2S301
2S302
2S303
2S322
2S423
2SA65
2SA67
2SA78
2SA128
2SA129
2SA206
2SA208
2SA209
2SA251
2SA282
2SA284
2SA358
2SB68
2SB177
2SB218
2SB224
2SB278
2SB279
2SB280
2SB281
2SB450
2SB450A
2SB451
2SB461

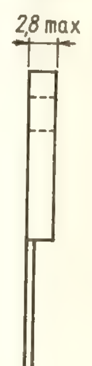
2SC14
2SC36
2SC50
2SC71
2SC72
2SC78
2SC89
2SC90
2SC91
2SC173
2SC175
2SC176
2SC177
2SC178
2SC181

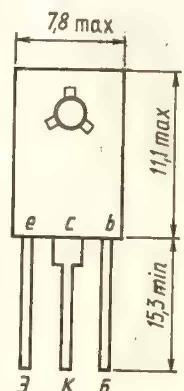
2T51
2T52
2T53
2T54
2T61
2T62
2T63
2T64
2T64R
2T65
2T65R
2T66
2T66R
2T67
2T71
2T72
2T73
2T73R
2T74
2T75
2T75R
2T76
2T77
2T77R
2T78
2T78R
2T85
2T89
2T511
2T512
2T513
2T520
2T521
2T522
2T523
2T551
2T552
2T682
2T701

38T1
39T1
47A
65T1
77A
127T1
140A
206
207
208
223
321T3
325T1
326T1
830
904
905

Рис. 13. Тип корпуса ТО-126 имеют транзисторы:







BD109-6
BD109-10
BD109-16
BD111
BD111A
BD114
BD127
BD128
BD129
BD135
BD136
BD137
BD138
BD139
BD140
BD143
BD151
BD152
BD153
BD154
BD155
BD156
BD157
BD158
BD161
BD162
BD163
BD165
BD166
BD167
BD168
BD169
BD170
BD171
BD172
BD173
BD175
BD176
BD177
BD178
BD179
BD180
BD185
BD186
BD187
BD188
BD209
BD210
BD215
BD216
BD226
BD227
BD228
BD229
BD230
BD231
BD232
BD233
BD234
BD235
BD236
BD237
BD238
BD254
BD255
BD262
BD262A
BD262B
BD262L
BD263
BD263A
BD263B
BD263L
BD264
BD264A
BD264B
BD264L
BB265A
BD265
BD265B
BD265L
BD281
BD282
BD283
BD284
BD285
BD286
BD301
BD302
BD303
BD306
BD306A
BD306B
BD307
BD307A
BD307B
BD329
BD330
BD361
BD362
BD375
BD376
BD377
BD378
BD379
BD380
BD410
BD433
BD434
BD435
BD436
BD437
BD438
BD461
BD462
BD463
BD464
BD505
BD506
BD507
BD508
BD509
BD510
BD515
BD516
BD517
BD518
BD519
BD520
BD525
BD526
BD527
BD528
BD529
BD530
BD561
BD562
BD575
BD576
BD675
BD675A
BD676
BD676A
BD677
BD677A
BD678
BD678A
BD679
BD679A
BD680
BD680A
BD681
BD682
BD733
BD734
BD735
BD736
BD737
BD738
BDX24
BDY15
BDY15A
BDY15B
BDY15C
BDY16
BDY16A
BDY16B
BDY34
BDY80
BDY80A
BDY80B
BDY80C
BDY81
BDY81A
BDY81B
BDY81C
BDY82
BDY82A
BDY82B
BDY82C
BDY83
BDY83A
BDY83B
BDY83C

MC140
MC141
MC150
MC800
MC810
MC900
MC910

MJ4000
MJ4001
MJ4010
MJ4011

MJE101
MJE105
MJE201
MJE205
MJE205K
MJE370
MJE370K
MJE371
MJE371K
MJE520
MJE520K
MJE521
MJE700
MJE701
MJE702
MJE703
MJE800
MJE801
MJE802
MJE803
MJE3370
MJE3371
MJE3520
MJE3521

MPSU01
MPSU01A
MPSU05
MPSU06
MPSU07
MPSU10
MPSU51

RCA370
RCA371
RCA520
RCA521
RCA45190
RCA45193

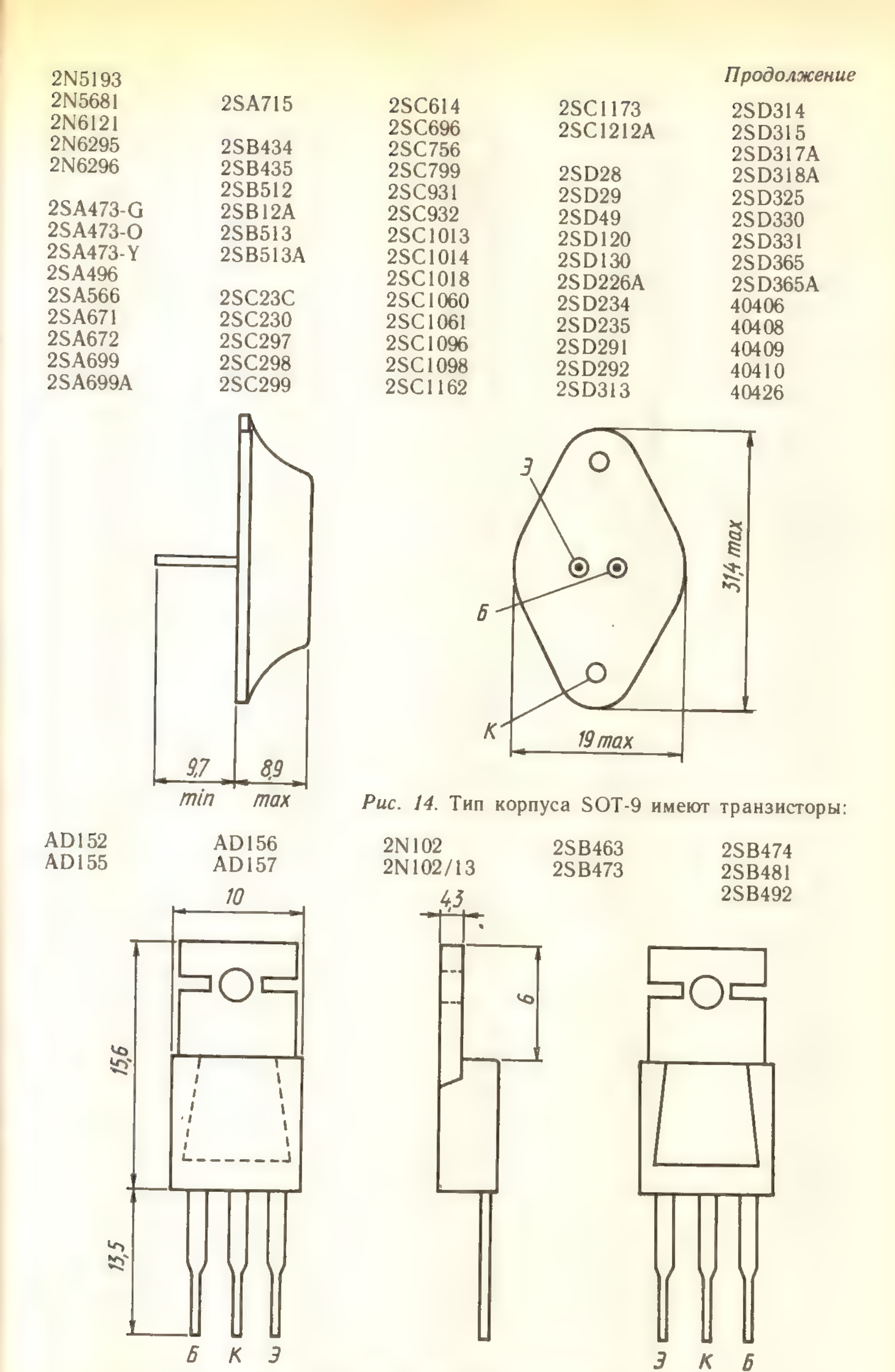
SD1345
SD1455
SDA345
SDA445
SDJ345
SDJ445
SDK345
SDK445

SDM445
SDM3300
SDM3301
SDM3302
SDM3303
SDM3304
SDM3305
SDM3400
SDM3401
SDM3402
SDM3403
SDM3404
SDM3405
SDM345

ST74050
ST75004
ST75005

TIP61
TIP61A
TIP61B
TIP61C
TIP62
TIP62A
TIP62B
TIP62C
TIP110
TIP111
TIP112
TIP115
TIP116
TIP117

2N2941
2N3440
2N4026
2N4877
2N4898
2N4899
2N4900
2N4918
2N4919
2N4920
2N4921
2N4922
2N4923
2N5190



Продолжение

2N5193
2N5681
2N6121
2N6295
2N6296

2SA473-G
2SA473-O
2SA473-Y
2SA496
2SA566
2SA671
2SA672
2SA699
2SA699A

2SA715

2SB434
2SB435
2SB512
2SB12A
2SB513
2SB513A

2SC23C
2SC230
2SC297
2SC298
2SC299

2SC614
2SC696
2SC756
2SC799
2SC931
2SC932
2SC1013
2SC1014
2SC1018
2SC1060
2SC1061
2SC1096
2SC1098
2SC1162

2SC1173
2SC1212A

2SD28
2SD29
2SD49
2SD120
2SD130
2SD226A
2SD234
2SD235
2SD291
2SD292
2SD313

2SD314
2SD315
2SD317A
2SD318A
2SD325
2SD330
2SD331
2SD365
2SD365A
40406
40408
40409
40410
40426

Рис. 14. Тип корпуса SOT-9 имеют транзисторы:

AD152
AD155

AD156
AD157

2N102
2N102/13

2SB463
2SB473

2SB474
2SB481
2SB492

Рис. 15. Тип корпуса TO-220 имеют транзисторы:

BD189
BD190
BD195
BD196
BD197
BD198
BD199
BD200
BD201
BD202
BD203
BD204
BD205
BD206
BD207
BD208
BD211
BD212
BD220
BD221
BD222
BD223
BD224
BD225
BD239
BD239A
BD239B
BD239C
BD240
BD240A
BD240B
BD240C
BD241
BD241A
BD241B
BD241C
BD242
BD242A
BD242B
BD242C
BD243
BD243A
BD243B
BD243C
BD244
BD244A
BD244B
BD244C
BD245
BD245A
BD245B
BD246
BD246A
BD246B
BD264
BD264A
BD264B

BD264L
BD265
BD265A
BD265B
BD265L
BD266
BD266A
BD266B
BD266L
BD267
BD267A
BD267L
BD271
BD272
BD273
BD274
BD275
BD276
BD277
BD278
BD304
BD439
BD440
BD441
BD442
BD533
BD534
BD535
BD536
BD537
BD538
BD575
BD576
BD577
BD578
BD579
BD580
BD585
BD586
BD587
BD588
BD589
BD590
BD595
BD596
BD597
BD598
BD599
BD600
BD643
BD644
BD645
BD646
BD647
BD648
BD649
BD650

BD677A
BD678A
BD680
BD680A
BD695
BD695A
BD696
BD696A
BD697
BD697A
BD698
BD699
BD699A
BD700
BD700A
BD701
BD702
BDX33
BDX33A
BDX33B
BDX33C
BDX34
BDX34A
BDX34B
BDX34C
BDX53
BDX53A
BDX53B
BDX53C
BDX54
BDX54A
BDX54B
BDX54C
BDX70
BDX71
BDX72
BDX73
BDX77
BDX78

MJ4000
MJ4001
MJ4011

MJE101
MJE102
MJE103
MJE104
MJE105
MJE201
MJE202
MJE203
MJE204
MJE205
MJE205K
MJE371
MJE371K

MJE521
MJE521K
MJE1090
MJE1091
MJE1092
MJE1093
MJE1100
MJE1101
MJE1102
MJE1103
MJE3371
MJE3521
MJE5190
MJE5191
MJE5192
MJE5193
MJE5194
MJE5195

RCA29
RCA29A
RCA29B
RCA29C
RCA30
RCA30A
RCA30B
RCA30C
RCA31
RCA31A
RCA31B
BCA31C
RCA32
BCA32A
RCA32B
BCA32C
RCA41
RCA41A
RCA41B
RCA41C
RCA42
RCA42A
RCA42B
RCA42C
RCA101
BCA102
RCA103
RCA104
RCA105
RCA201
RCA202
RCA203
RCA204
RCA205
RCA521
RCA8203
RCA8203A
RCA8203B

RCA45190
RCA45191
RCA45193
RCA45195
RCA45194

SD1345
SD345
SD445
SD1445
SDB345
SDB445
SDJ345
SDJ445
SDK345
SDK445
SDL345
SDL445
SDM445
SDM3100
SDM3101
SDM3102
SDM3103
SDM3104
SDM3105
SDM3200
SDM3201
SDM3202
SDM3203
SDM3204
SDM3205
SDN345
SDO345
SE9300
SE9301
SE9302
ST72039
ST72040
ST91054

TA2911
TA7137
TA7155
TA7156
TA7362
TA7363
TA7741
TA7742
TA7743
TA8203
TA8204
TA8210
TA8211
TA8212

ВОЗМОЖНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И ЦОКОЛЕВКА ТРАНЗИСТОРОВ В АППАРАТУРЕ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Включение транзисторов в выходных каскадах усилителей звуковой частоты

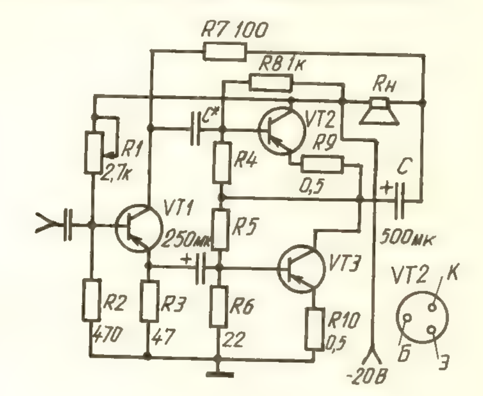


Рис. 1. Транзистор типа AD145: $P_{вых} = 4$ Вт; $R_н = 150$ Ом; $I_о = 50...300$ мА

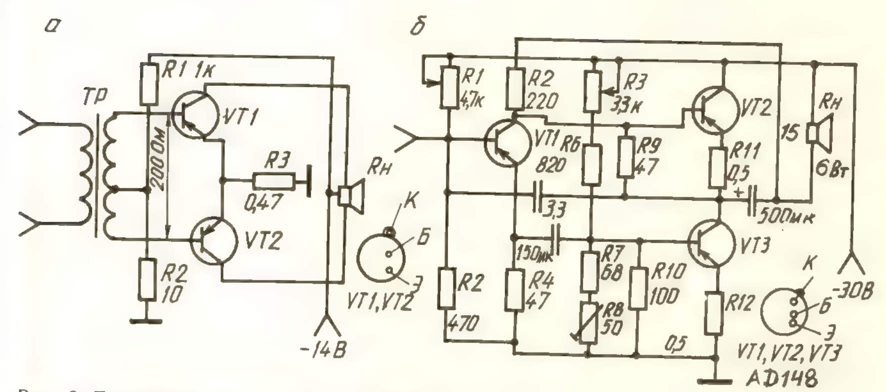


Рис. 2. Транзистор AD148: $P_{вых} = 8$ Вт; $R_н = 20$ Ом; $I_о = 1,5...1,2$ А

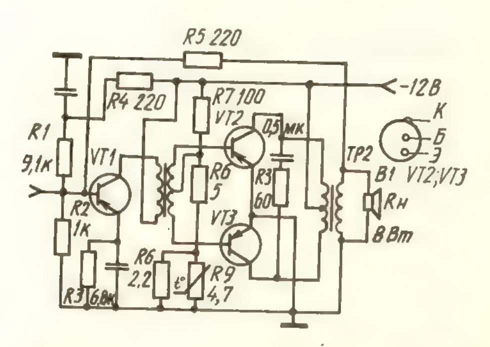


Рис. 3. Транзистор AD152: $P_{вых} = 8$ Вт; $R_н = 40$ Ом; $I_о = 0,1...1,1$ А

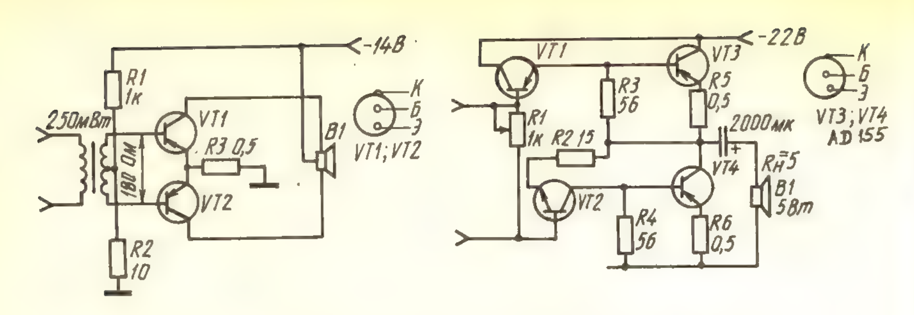


Рис. 4. Транзистор AD150: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_{н} = 15$ Ом; $I_{о} = 0,15...2,8$ А

Рис. 5. Транзистор AD155: $P_{вых} = 5$ Вт; $R_{н} = 5$ Ом; $I_{о} = 150...300$ мА

Рис. 6. Транзистор AD149 для схем включения: *а, б* — $P_{вых} = 4$ Вт; $R_{н} = 4$ Ом; $I_{о} = 1,8$ А; *в, г* — $P_{вых} = 15$ Вт; $R_{н} = 20$ Ом; $I_{о} = 0,15...1,5$ А

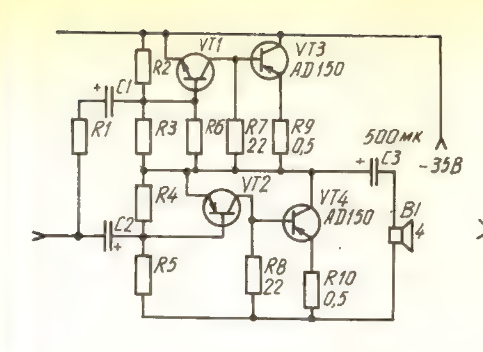


Рис. 7. Транзистор AD150: $P_{вых} = 10$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_o = 150...600$ мА

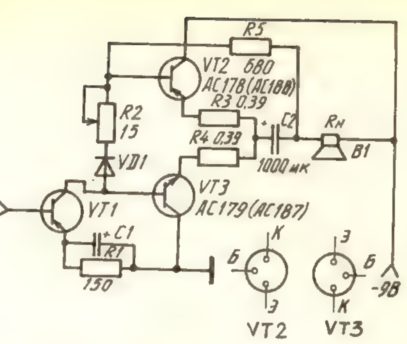


Рис. 8. Комплементарные пары транзисторов: AC178, AC188, $P_{вых} = 2$ Вт; AC179 и AC187; $R_н = 6$ Ом; $I_o = 5...400$ мА

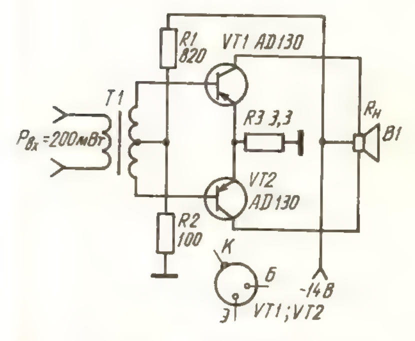


Рис. 9. Транзистор AD130: $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 12$ Ом; $I_o = 50...2500$ мА

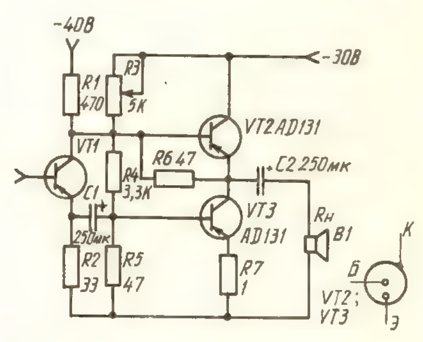


Рис. 10. Транзистор AD131: $P_{вых} = 4$ Вт; $R_н = 25$ Ом; $I_o = 200$ мА

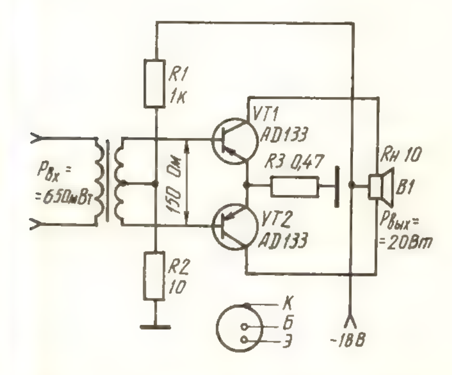


Рис. 11. Транзистор AD133: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_н = 20$ Ом; $I_o = 200...2500$ мА

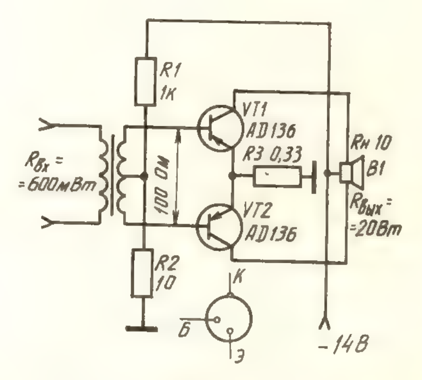


Рис. 12. Транзистор AD136: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_н = 10$ Ом; $I_o = 200...3000$ мА

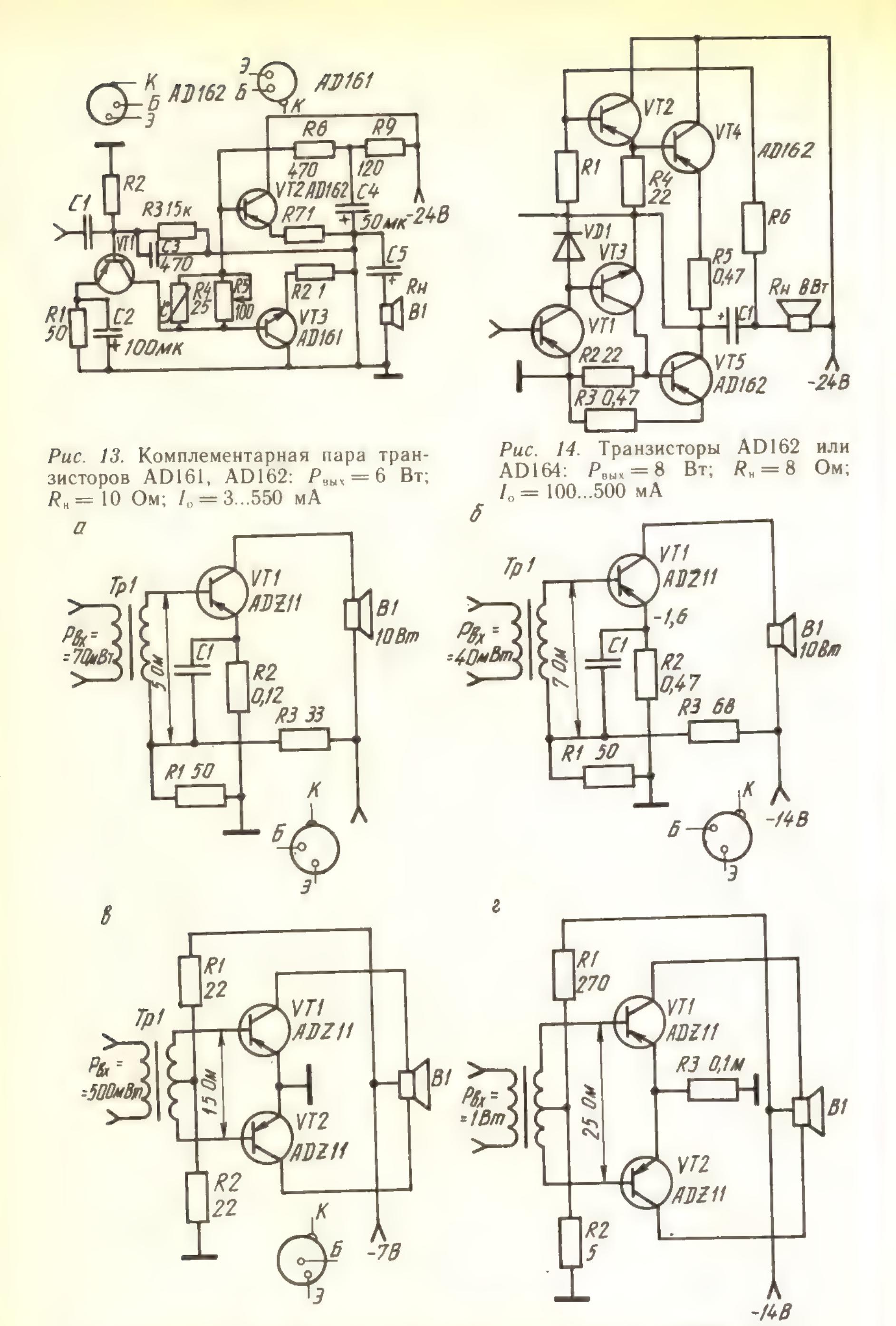


Рис. 13. Комплементарная пара транзисторов AD161, AD162: $P_{вых} = 6$ Вт; $R_н = 10$ Ом; $I_о = 3...550$ мА

Рис. 14. Транзисторы AD162 или AD164: $P_{вых} = 8$ Вт; $R_н = 8$ Ом; $I_о = 100...500$ мА

Рис. 15. Транзистор ADZ11 для схем включения: *а* — $P_{вых} = 10$ Вт, $R_н = 1{,}2$ Ом, $I_о = 4$ А; *б* — $P_{вых} = 10$ Вт, $R_н = 5$ Ом, $I_о = 2$ А; *в* — $P_{вых} = 25$ Вт, $R_н = 1$ Ом, $I_о = 0{,}2...7$ А; *г* — $P_{вых} = 60$ Вт, $R_н = 5$ Ом, $I_о = 0{,}2...7$ А

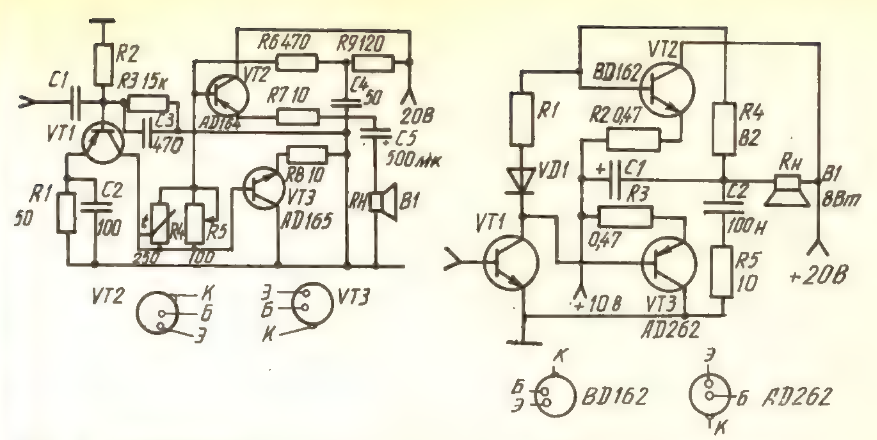


Рис. 16. Комплементарная пара транзисторов AD164 и AD165: $P_{вых} = 4$ Вт; $R_н = 6$ Ом; $I_о = 5...450$ мА

Рис. 17. Комплементарная пара AD262 и BD162: $P_{вых} \doteq 8$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 10...650$ мА

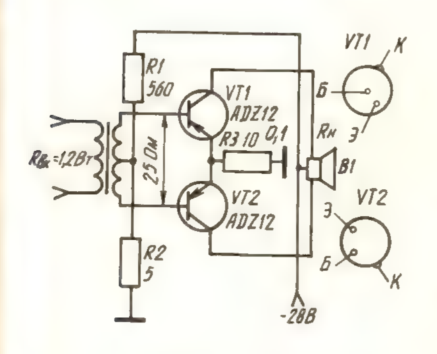


Рис. 18. Транзистор ADZ12: $P_{вых} = 120$ Вт; $R_н = 10$ Ом; $I_о = 0,2...7$ А

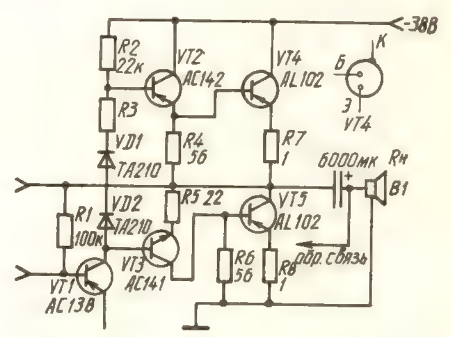


Рис. 19. Транзистор AL102: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 0,2...7$ А

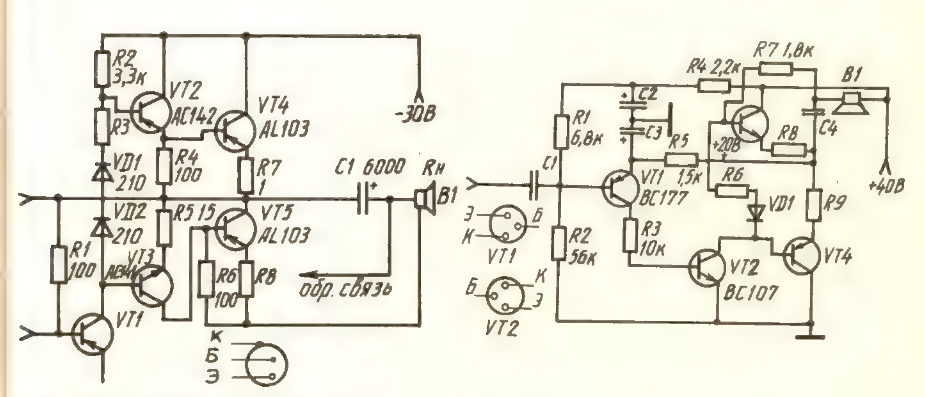


Рис. 20. Транзистор AL103: $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 0,1...1,1$ А

Рис. 21. Транзистор BC107, BC177

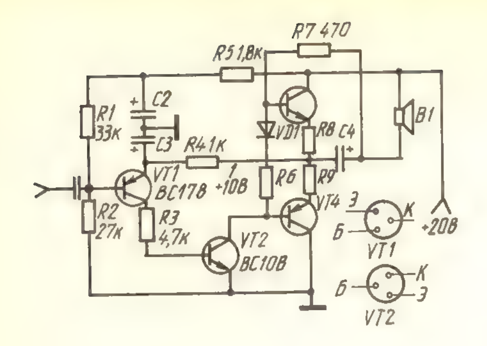


Рис. 22. Транзистор BC178, BC108

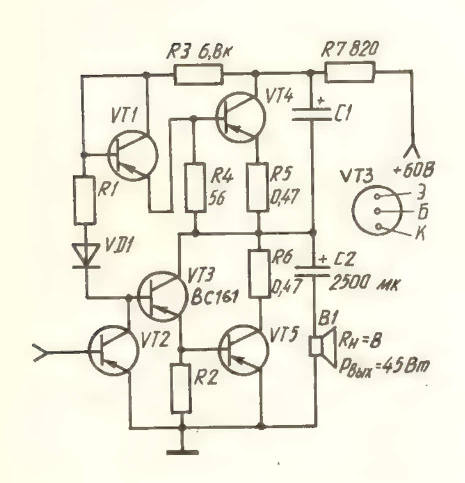


Рис. 23. Транзистор BC160-6, BC160-10, BC160-16

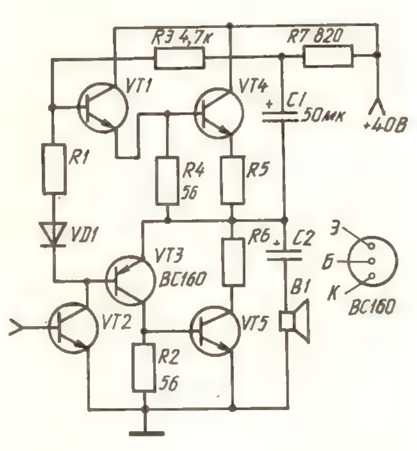


Рис. 24. Транзистор BC161-6, BC161-10, BC161-16

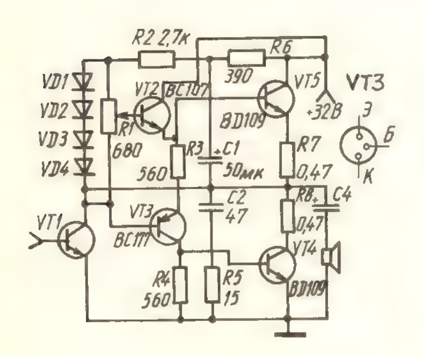


Рис. 25. Транзистор BC177

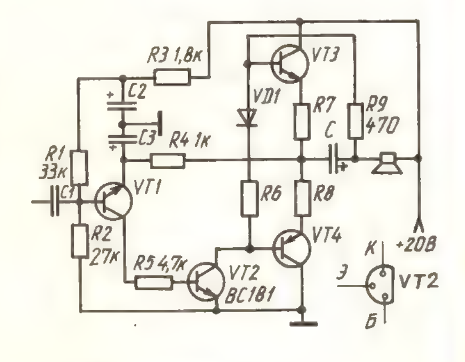


Рис. 26. Транзистор BC181

ВОЗМОЖНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ ТРАНЗИСТОРОВ В ПРЕДОКОНЕЧНЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

Включения комплементарных транзисторов

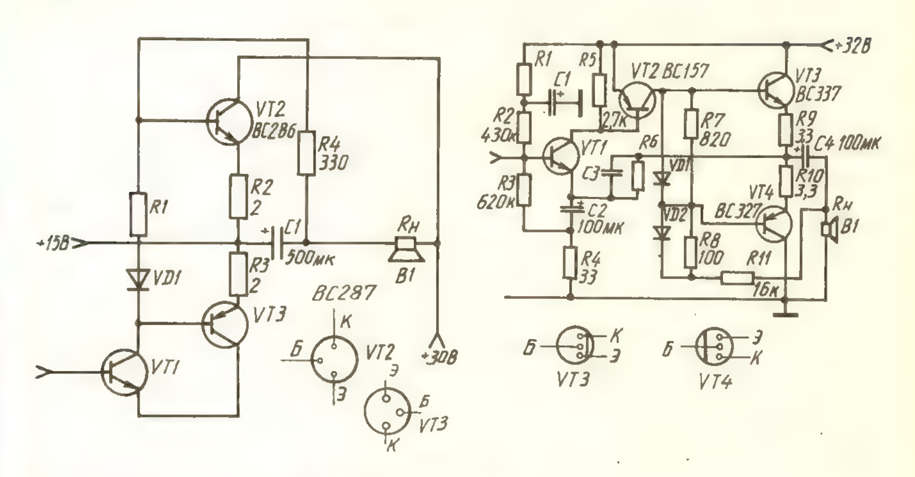


Рис. 27. Транзисторы BC286, BC287: $P_{вых} = 5$ Вт; $R_н = 16$ Ом; $I_0 = 50...250$ мА

Рис. 28. Транзисторы BC337, BC327: $P_{вых} = 2{,}5$ Вт; $R_н = 50$ Ом; $I_0 = 20...120$ мА

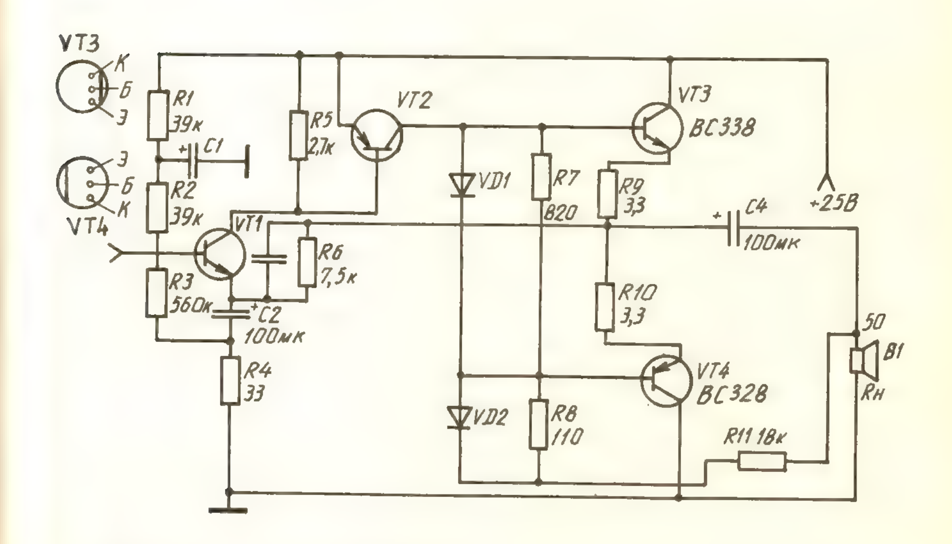


Рис. 29. Транзисторы BC328, BC338: $P_{вых} = 1{,}6$ Вт; $R_н = 50$ Ом; $I_0 = 20...120$ мА

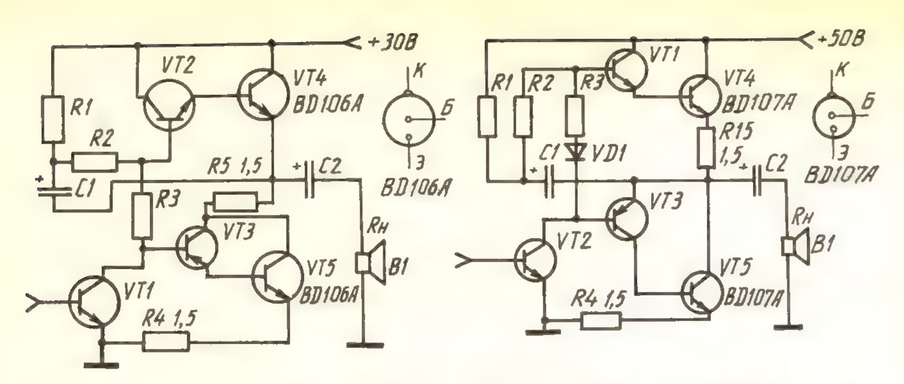


Рис. 30. Транзистор BD106 (BD106B): $P_{вых} = 10$ Вт; $R_н = 5$ Ом; $I_о = 100...600$ мА

Рис. 31. Транзистор BD107A (BD107B): $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 10$ Ом; $I_о = 100...500$ мА

Рис. 32. Транзистор BD109: $P_{вых} = 10$ Вт; $R_н = 80$ Ом; $I_о = 50...600$ мА

Рис. 33. Транзистор BD117: $P_{вых} = 30$ Вт; $R_н = 5$ Ом; $I_о = 150...1200$ мА

Рис. 34. Транзисторы BD137, BD138: $P_{вых} = 60$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 0{,}25...1{,}8$ А

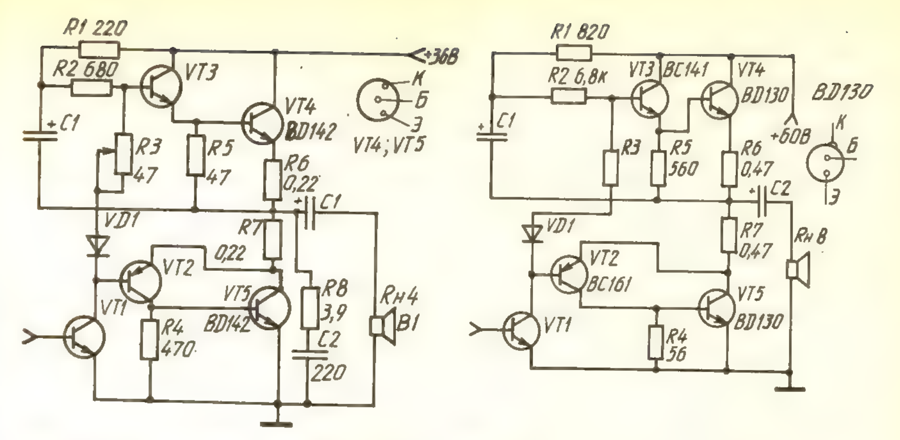


Рис. 35. Транзистор BD142: $P_{вых} = 45$ Вт; $R_н = 8$ Ом; $I_о = 250...1800$ мА

Рис. 36. Транзистор BD130: $P_{вых} = 45$ Вт; $R_н = 8$ Ом; $I_о = 50...1200$ мА

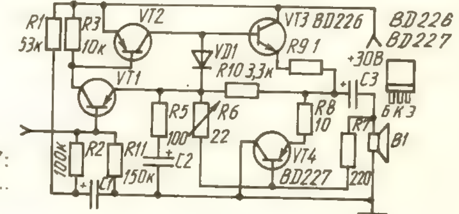


Рис. 37. Транзисторы BD226, BD227: $P_{вых} = 6$ Вт; $R_н = 15$ Ом; $I_о = 50...500$ мА

Рис. 38. Транзисторы BD262, BD263: $P_{вых} = 30$ Вт; $R_н = 5$ Ом; $I_о = 0,1...1,5$ А

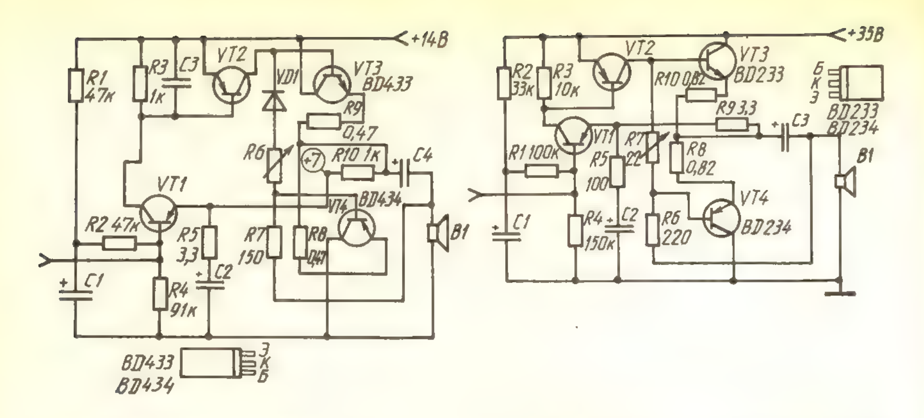


Рис. 39. Транзисторы BD433, BD434: $P_{\text{вых}} = 6$ Вт; $R_{\text{н}} = 4$ Ом; $I_{\text{о}} = 60...600$ мА

Рис. 40. Транзисторы BD233, BD234: $P_{\text{вых}} = 8$ Вт; $R_{\text{н}} = 15$ Ом; $I_{\text{о}} = 50...600$ мА

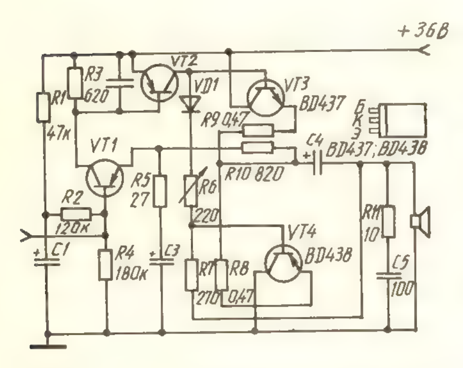


Рис. 41. Транзисторы BD437, BD438: $P_{\text{вых}} = 15$ Вт; $R_{\text{н}} = 8$ Ом; $I_{\text{о}} = 90...700$ мА

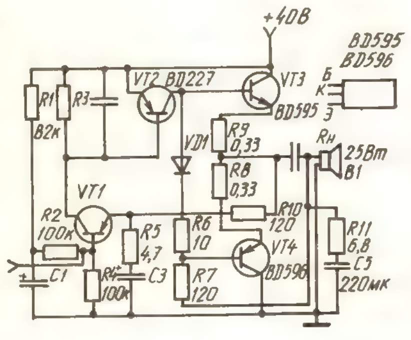


Рис. 42. Транзисторы BD595; BD596: $P_{\text{вых}} = 25$ Вт; $R_{\text{н}} = 6$ Ом; $I_{\text{о}} = 150...200$ мА

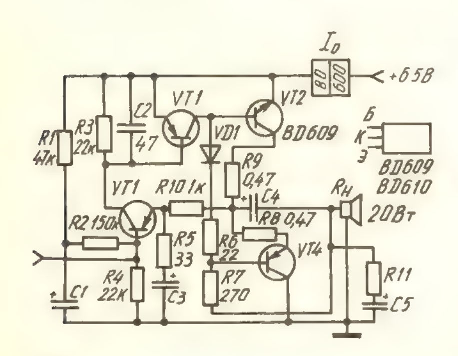


Рис. 43. Транзисторы BD609, BD610: $P_{\text{вых}} = 20$ Вт; $R_{\text{н}} = 15$ Ом; $I_{\text{о}} = 80...600$ мА

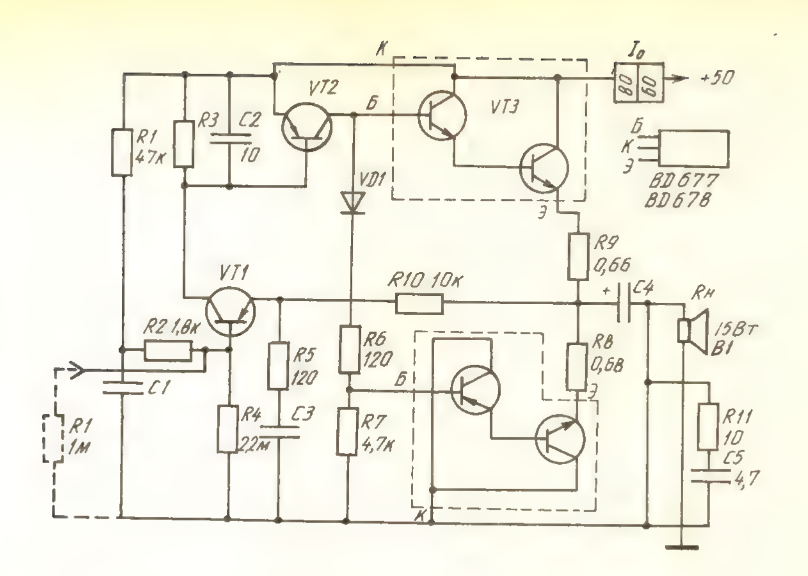


Рис. 44. Транзисторы BD677, BD678: $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 15$ Ом; $I_о = 80...600$ мА

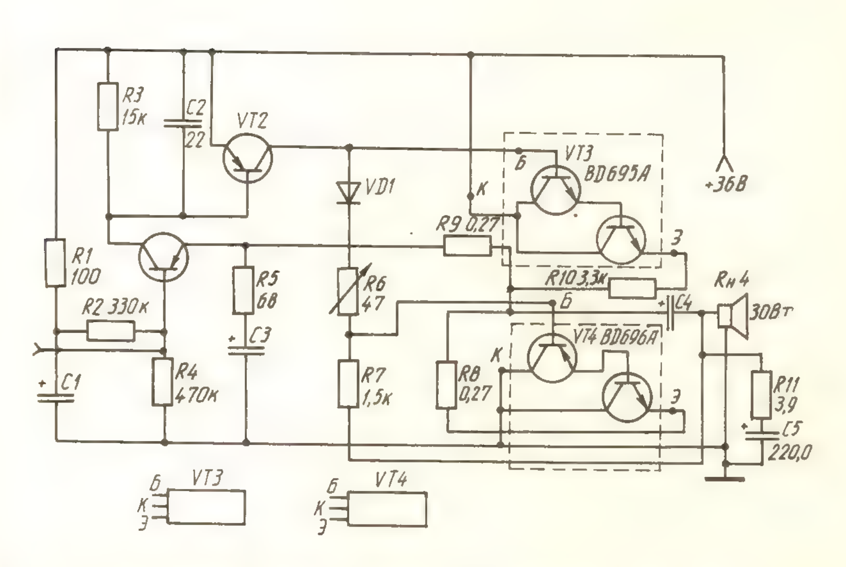


Рис. 45. Транзисторы BD695A, BD696A: $P_{вых} = 30$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 0,2...1,8$ А

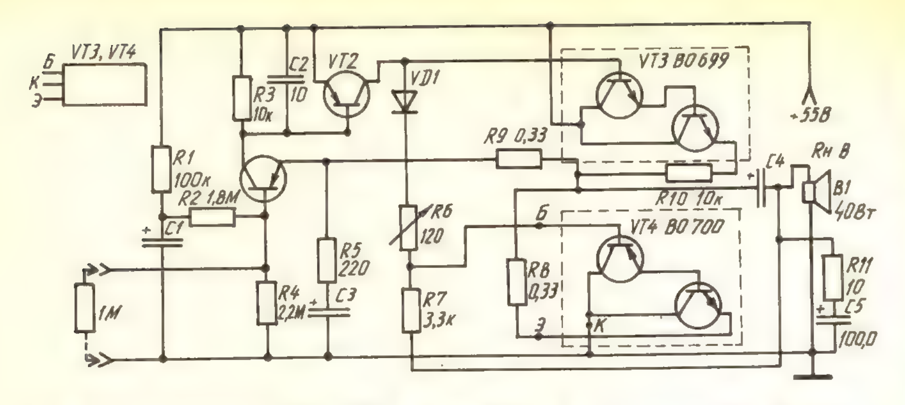
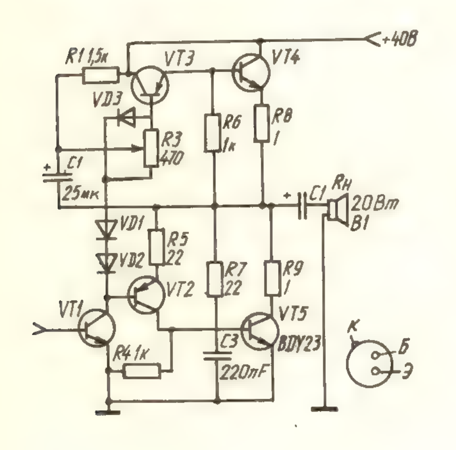
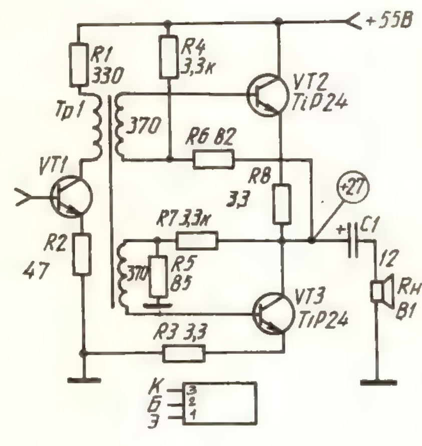


Рис. 46. Транзисторы BD699, BD700: $P_{вых} = 40$ Вт; $R_н = 8$ Ом; $I_o = 80...750$ мА





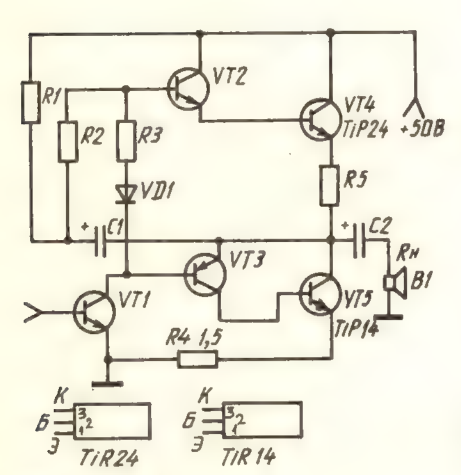


Рис. 47. Транзистор BDY23: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_н = 8(16)$ Ом; $I_o = 50...700\ (550)$ мА

Рис. 48. Транзистор TiP24: $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 12$ Ом; $I_o = 100...500$ мА

Рис. 49. Транзисторы TiP14, TiP24: $P_{вых} = 15$ Вт; $R_н = 10$ Ом; $I_o = 100...500$ мА

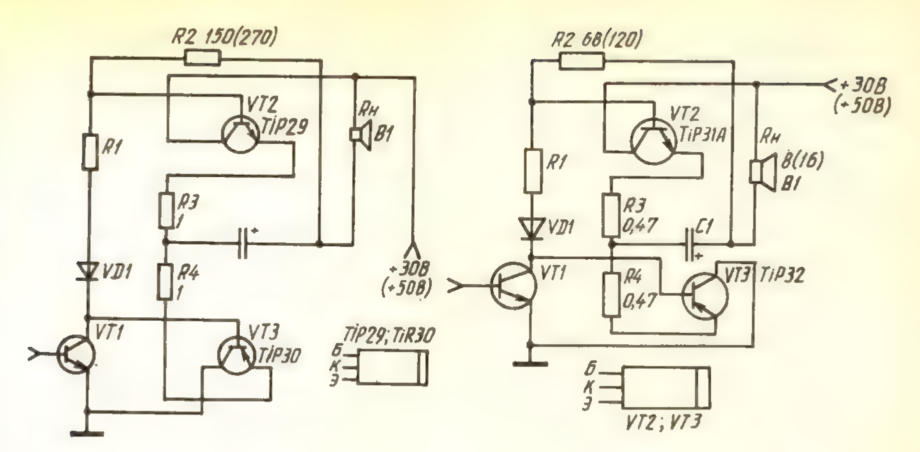


Рис. 50. Транзисторы TiP29(A), TiP30(A): $P_{вых} = 5\ (10)$ Вт; $R_н = 16\ (25)$ Ом; $I_о = 30—300$ мА

Рис. 51. Транзисторы TiP31(A), TiP32(A): $P_{вых} = 10\ (16)$ Вт; $R_н = 8\ (16)$ Ом; $I_о = 60...600$ мА

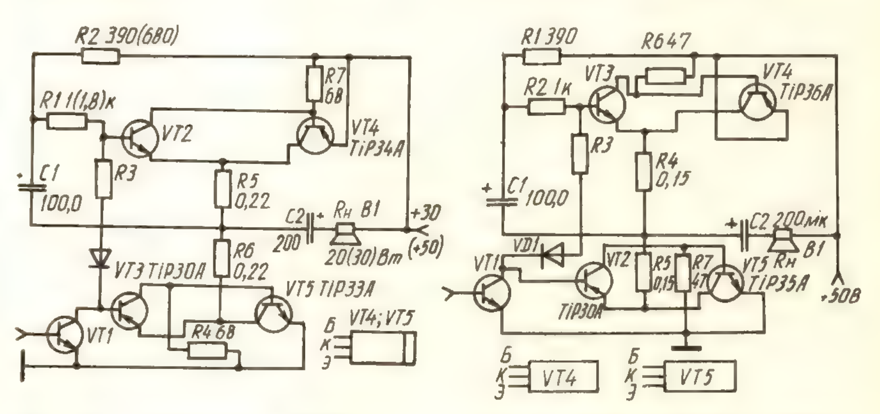


Рис. 52. Транзисторы TiP33(A), TiP34(A): $P_{вых} = 20\ (30)$ Вт; $R_н = 4\ (18)$ Ом; $I_о = 50...1200$ мА

Рис. 53. Транзисторы TiP35(A), TiP36(A): $P_{вых} = 60$ Вт; $R_н = 4$ Ом; $I_о = 0,1...2$ А

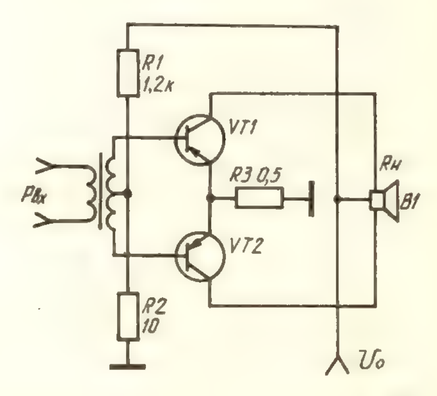


Рис. 54. Транзисторы, используемые в трансформаторных выходных усилителях мощности

Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, А	U_0, В	$P_{вых}$, Вт
2N458 *p—n—p*	30	30	0,1...2,5	—28	300
2N441 *p—n—p*	35	5	0,1...6	—12	1
2N442 *p—n—p*	60	7,5	0,1...6	—18	1,2
2N456 *p—n—p*	20	15	0,05...2,3	—14	10
2N457 *p—n—p*	25	20	0,05...2,2	—20	10
2N511 *p—n—p*	20	8	0,1...3,5	—14	
2N1016C *p—n—p*	80	40	0,1...3	50	5
2N561 *p—n—p*	30	35	0,05...2	—28	100 мВт
2N1016 *n—p—n*	100	50	0,1...3	65	5
2N1016E *n—p—n*	120	60	0,1...3	80	7,5
2N1016 *p—n—p*	150	80	0,1...3	100	7,5
2N1021 *p—n—p*	30	30	0,1...2,5	—286	0,6
2N1022 *p—n—p*	45	45	0,1...2,5	—42	0,6
2N1042,					
2N1043 *p—n—p*	10	20	0,1...1,5	—14	0,2
2N1044,					
2N1045 *p—n—p*	20	40	0,1...1,5	—28	0,2
2N1099 *p—n—p*	80	10	0,1...6	—24	0,4
2N10100 *p—n—p*	80	10	0,1...6	—24	0,8
2N1146A *p—n—p*	90	6	0,1...8	—21	1,2
2N1146C *p—n—p*	150	10	0,1...8	—35	1,2
2N1162,					
2N1163 *p—n—p*		3,5	0,1...9	—14	0,6
2N1358 *p—n—p*	60	6	0,3...5	—12	0,6
2N1529, 2N	30				
1530 *p—n—p*	12	12	0,1...2,5	—12	0,1
2N1531 *p—n—p*	20	30	0,1...2	—24	0,1
2N1535 *p—n—p*	12	12	0,1....2,5	—12	65 мВт
2N1536 *p—n—p*	20	30	0,1...2	—24	65 мВт
2N2080A *p—n—p*	50	16	0,2...5	—24	0,1
2N82,A *p—n—p*	20	6	0,2...5	—12	0,1
2N2109 *n—p—n*	60	8	0,2...7	—18	1
2N2110 *n—p—n*	120	16	0,2...7	—36	1
2N2111 *n—p—n*	120	40	0,2...5	—60	1
2N2266...69 *p—n—p*	40	8	0,15...2,5	—12	0,4

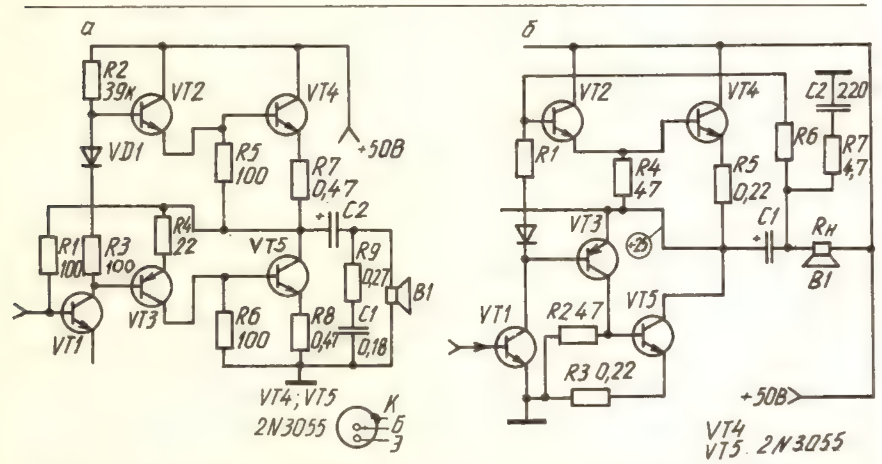
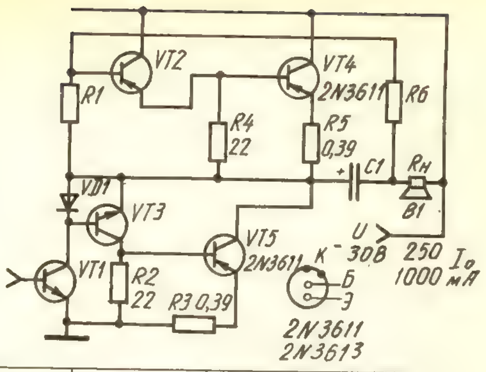


Рис. 55, *а*, *б*. Транзистор 2N3055. Для *рис.* 55, *а*: $P_{вых} = 20$ Вт; $R_н = 15$ Ом; $I_о = 0,05...0,5$; для *рис.* 55, *б*: $P_{вых} = 50$ Вт; $R_н = 5$ Ом; $I_о = 0,2...2$ А

Рис. 56. Включение транзисторов в бестрансформаторных выходных каскадах УЗЧ



Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, А	U_0, В
2N3611, 2N3613	10	3,5	0,25...1	−20
2N3612, 2N3614	15	5	0,25...1	−30
2N3615, 2N3617, *p—n—p*	20	7	0,25...1	−40
2N3772, *n—p—n* 2N5034, *n—p—n*	100	3	0,2...3	+60
2N5035, *p—n—p*	15	5	0,1...1	+30
2N5036 *n—p—n*	30	8	0,1...1,2	+50
2N5037 *p—n—p*				
2N5490 *n—p—n*	12	6	0,06...0,6	+30
2N5492 *n—p—n*	18	8	0,08...0,8	+40
2N5494 *n—p—n*	20	4	0,1...1	+30
2N5496 *n—p—n*	30	8	0,1...1	+50

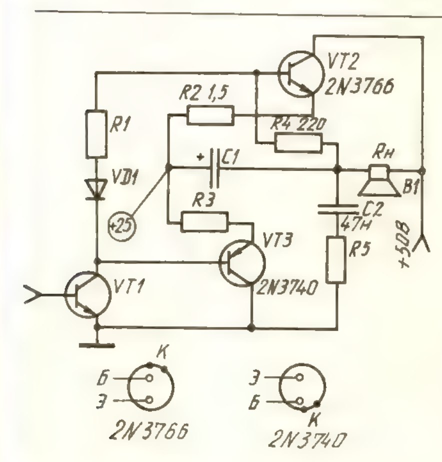


Рис. 57. Включение комплементарных транзисторов

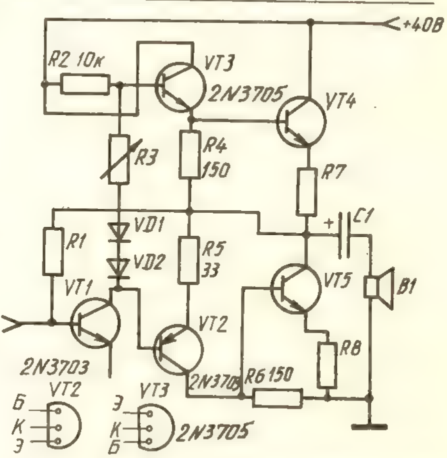


Рис. 58. Включение комплементарных транзисторов в предоконечных каскадах:

VT3 2N3703, p-n-p	и VT2 2N3705 n-p-n
VT3 2N4234, p-n-p	и VT2 2N4237 n-p-p
VT3 2N4235, p-n-p	и VT2 2N4238 n-p-n
VT3 2N4403, p-n-p	и VT2 2N4401 n-p-n
VT3 2N5226, p-n-p	и VT2 2N5225 n-p-n
VT3 2N6015, p-n-p	и VT2 2N6014 n-p-n

Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, А	U_0, В
2N3766, *p—n—p*				
2N3740, *p—n—p*	20	12	0,2...1	+50
2N3741, *p—n—p*	25	15	0,2...0,8	+65
2N3767, *n—p—n*				
2N4918, *p—n—p*	10	10	0,15...0,6	+40
2N4921, *n—p—n*				
2N4919, *p—n—p*	15	12	0,15...0,6	+50
2N4922, *n—p—n*				
2N4920, *p—n—p*				
2N4923, *n—p—n*	20	15	0,15...0,6	+65
2N5193, *p—n—p*				
2N5190, *n—p—n*	20	4	0,1...1	+30
2N5194, *p—n—p*				
2N5191, *n—p—n*	25	8	0,08...0,8	+45
2N5195, *p—n—p*	25	16	0,05...0,5	+60
2N5192, *n—p—n*				
2N5447, *p—n—p*	0,25	35	0,015...0,1	+15
2N5451, *n—p—n*				
2N6013, *p—n—p*	1	25	0,01...0,1	+20
2N6012, *n—p—n*				

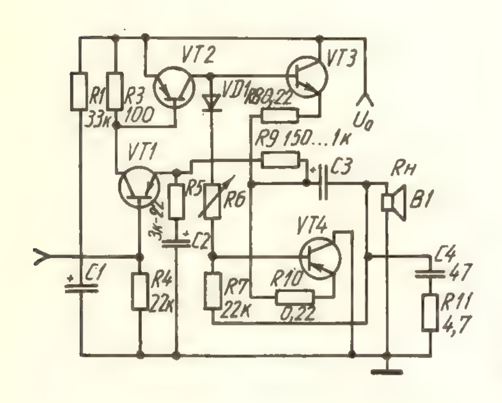
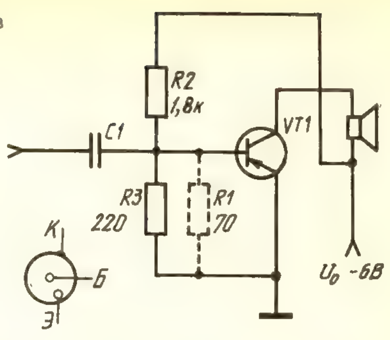


Рис. 59. **Включение комплементарных транзисторов в выходных каскадах УЗЧ**

Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, А	U_0, В
VT4 2N4898, *p—n—p*				
VT3 2N4910, *n—p—n*	2	15	0,025...0,2	+20
VT4 2N4900, *p—n—p*				
VT3 2N4912, *n—p—n*	7,5	50	0,025...0,2	+60
VT4 2N4901, *p—n—p*				
VT3 2N5067, *n—p—n*	4	8	0,05...0,4	+20
VT4 2N4903, *p—n—p*				
VT3 2N5067, *n—p—n*	15	25	0,05...0,4	+60
VT4 2N4908, *p—n—p*				
VT3 2N3055, *n—p—n*	35	4	0,05...2	+40
VT4 2N5955, *p—n—p*				
VT3 2N3055, *n—p—n*	25	8	0,3...1,1	+45

Рис. 60. Возможные включения транзисторов



Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, А	U_0, В	G_p, дБ	
2SB27	0,4	25	0,2	−6	20	
2SB28	0,4	25	0,2	−6	23	
2SB29	0,4	25	0,2	−6	25	

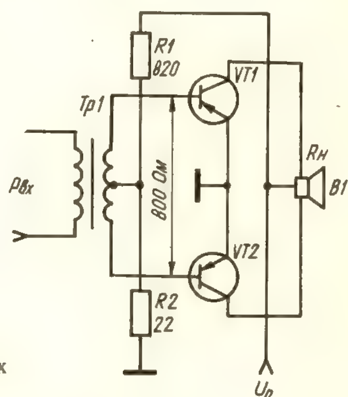


Рис. 61. Включение транзисторов в двухтактных трансформаторных оконечных УЗЧ

Тип транзистора	$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	U_0, В	I_0, А	$P_{вх}$, мВт
2SB31, *p—n—p*	1	30	−6	0,02...0,35	7
2SB51, *p—n—p*	0,5	240	−9	0,01...0,12	5
2SB52, *p—n—p*	0,5	240	−9	0,01...0,12	5
2SB62,63 *p—n—p*	1,5	8	−12	0,03...3	6
2SB64, *p—n—p*	25	50	−28	0,05...1,5	60
2SB69, *p—n—p*	20	8	−20	0,02...2,5	400
2SB142, *p—n—p*	4	18	−12	0,05...0,7	150
2SB145,146 *p—n—p*	4	18	−12	0,05...0,7	100, 30
2SB221, 222 *p—n—p*	0,4	500	−9	0,01...0,1	0,5
2SB457, *p—n—p*	0,3	250	−9	0,01...0,07	0,35
2SB494, *p—n—p*	0,5	220	−9	0,01...0,5	0,5
2SO63, *n—p—n*	0,3	280	+9	0,05...0,07	3
44T1, *p—n—p*	1 (1,5)	90	−9 (−12)	0,01...0,2	15(20)

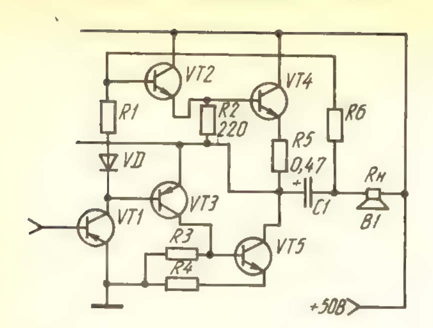


Рис. 62. Включение транзисторов VT4, VT5 в бестрансформаторных выходных УЗЧ

2SC245, *n—p—n*	20	16	+50	0,05...0,5
2SC1030, *n—p—n*	30	5	+50	0,2...1,5
2SC106, *n—p—n*	20	8	+40	0,1...1,5
2SD45, *n—p—n*	20	16	+60	0,05...0,4
2SD91, *n—p—n*	20	8	+40	0,1...1,0
2SD180, *n—p—n*	30	8	+65	0,15...1,0
180T1A,B,C	30	8	+50	0,1...1,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ МИКРОСХЕМ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

a
C4 270
C1
2,2
R1
82
C2
100мк
C3 100
Вход
R2
<1М
ESM231
Внешний вид МС
R3 100
C5 100мк
R4
100
C2
100
C8
100мк
25мА
1А
+24В
C9
C10
100
R5
2,2
C11
100мк
B1
4 Ом

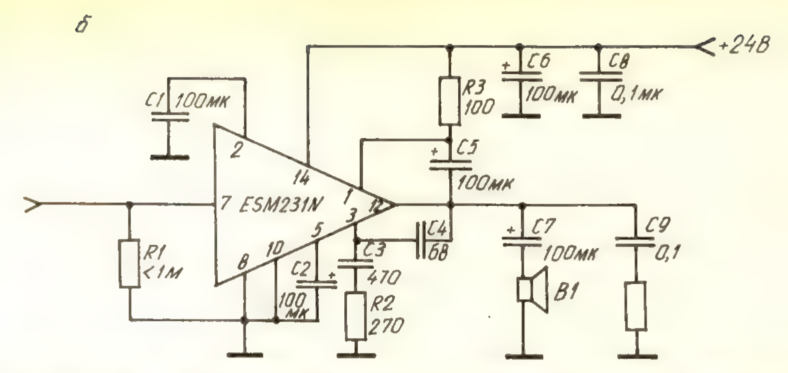
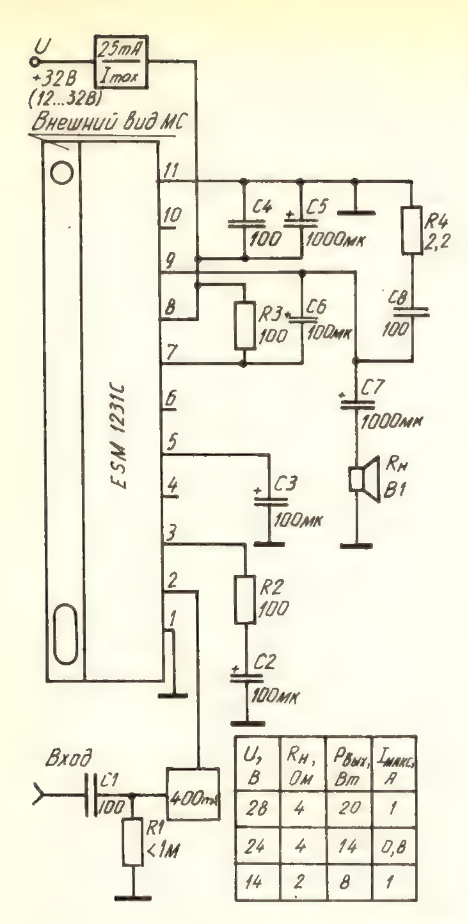


Рис. 1, а, б. Схемы включения микросхемы ESM231 (усилитель мощности $P_{вых}$ = 18Вт, диапазон частот 40 Гц...20 кГц)

	ESM 532	432	632	732
U,В	30	28	24	14
$R_н$,Ом	8	4	4	2
$P^*_{вых}$	10	20	14	8
С,мк	1000	2200	2200	3300
I_{max},А	0,6	1,1	0,8	0,9

*Коэффициент нелинейных искажений-1%

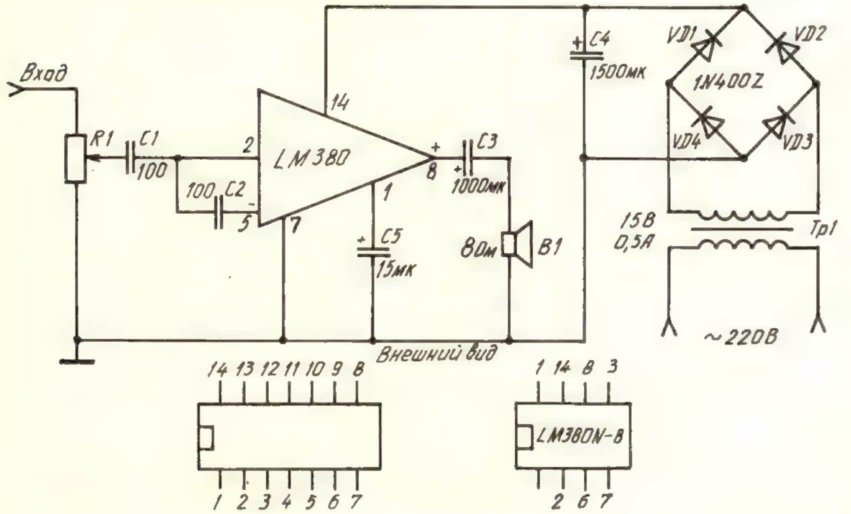
Рис. 2. Схема включения микросхем ESM432, ESM532, ESM632, ESM732 (усилитель мощности $P_{вых}$ = 8...20 Вт, диапазон частот 40 Гц...20 кГц)



U, В	Rн, Ом	Pвых, Вт	Iмакс, А
28	4	20	1
24	4	14	0,8
14	2	8	1

Рис. 3. Схема включения микросхемы ESM1231C (усилитель мощности $P_{вых} = 8...20$ Вт, коэффициент гармоник 1 %)

Рис. 4. Схема включения микросхемы LM380 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 1...4$ Вт)



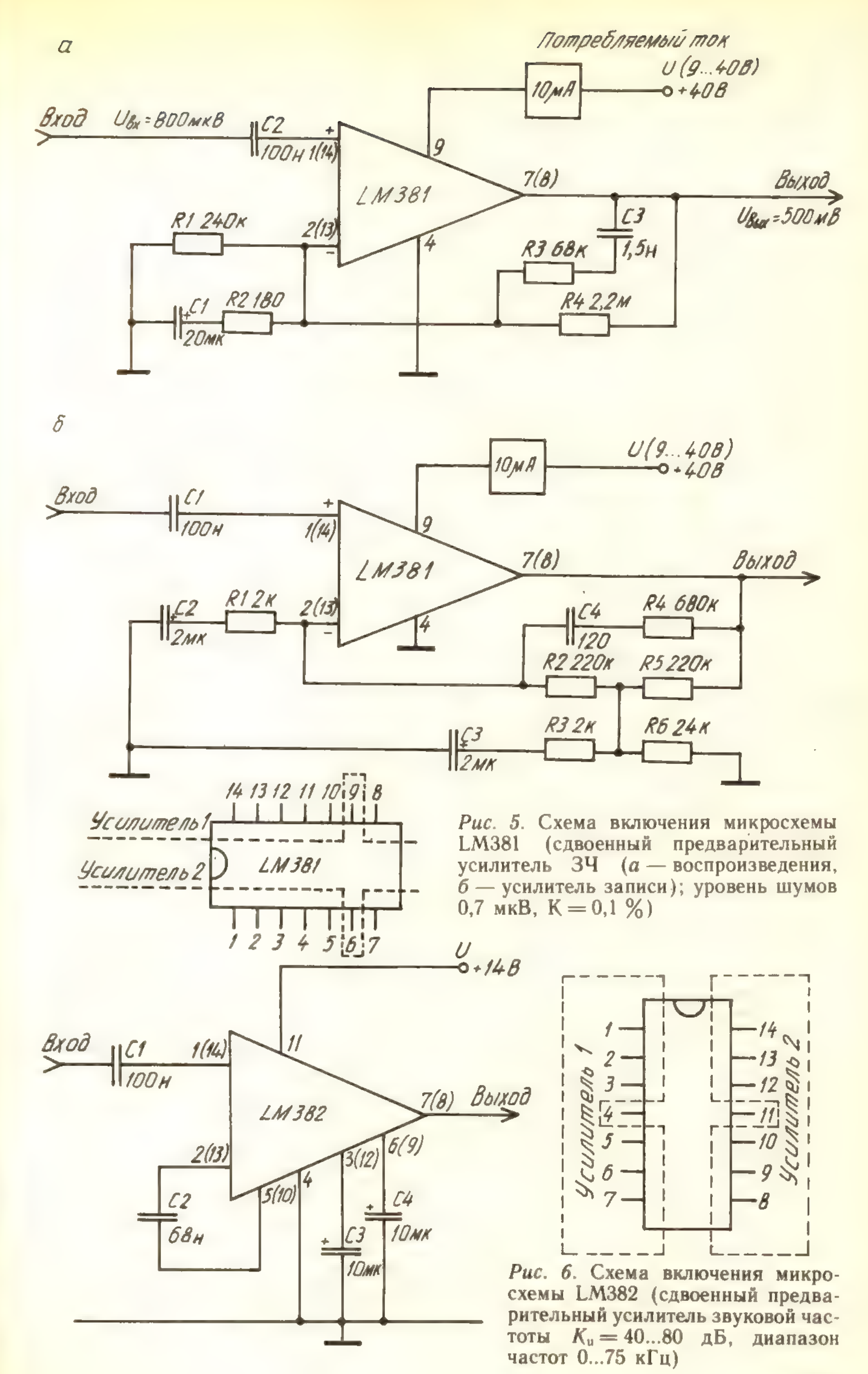


Рис. 5. Схема включения микросхемы LM381 (сдвоенный предварительный усилитель ЗЧ (*а* — воспроизведения, *б* — усилитель записи); уровень шумов 0,7 мкВ, К = 0,1 %)

Рис. 6. Схема включения микросхемы LM382 (сдвоенный предварительный усилитель звуковой частоты K_u = 40...80 дБ, диапазон частот 0...75 кГц)

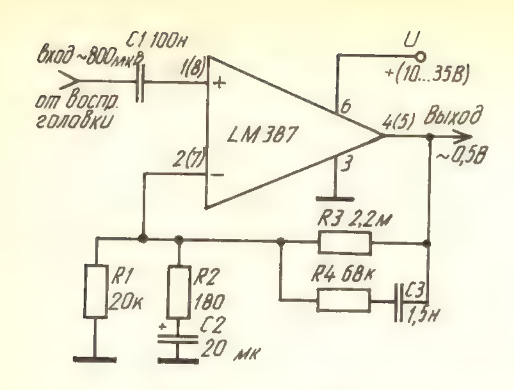


Рис. 7. Включение микросхемы LM387 (сдвоенный предварительный усилитель звуковой частоты, уровень шума 1,6 дБ)

Рис. 8. Схема включения микросхемы LM1303 (сдвоенный предварительный усилитель звуковой частоты, максимальный коэффициент усиления 10 000, разделение между каналами 70 дБ, усилитель звукоснимателя *а*, усилитель записи, *б*, воспроизведения)

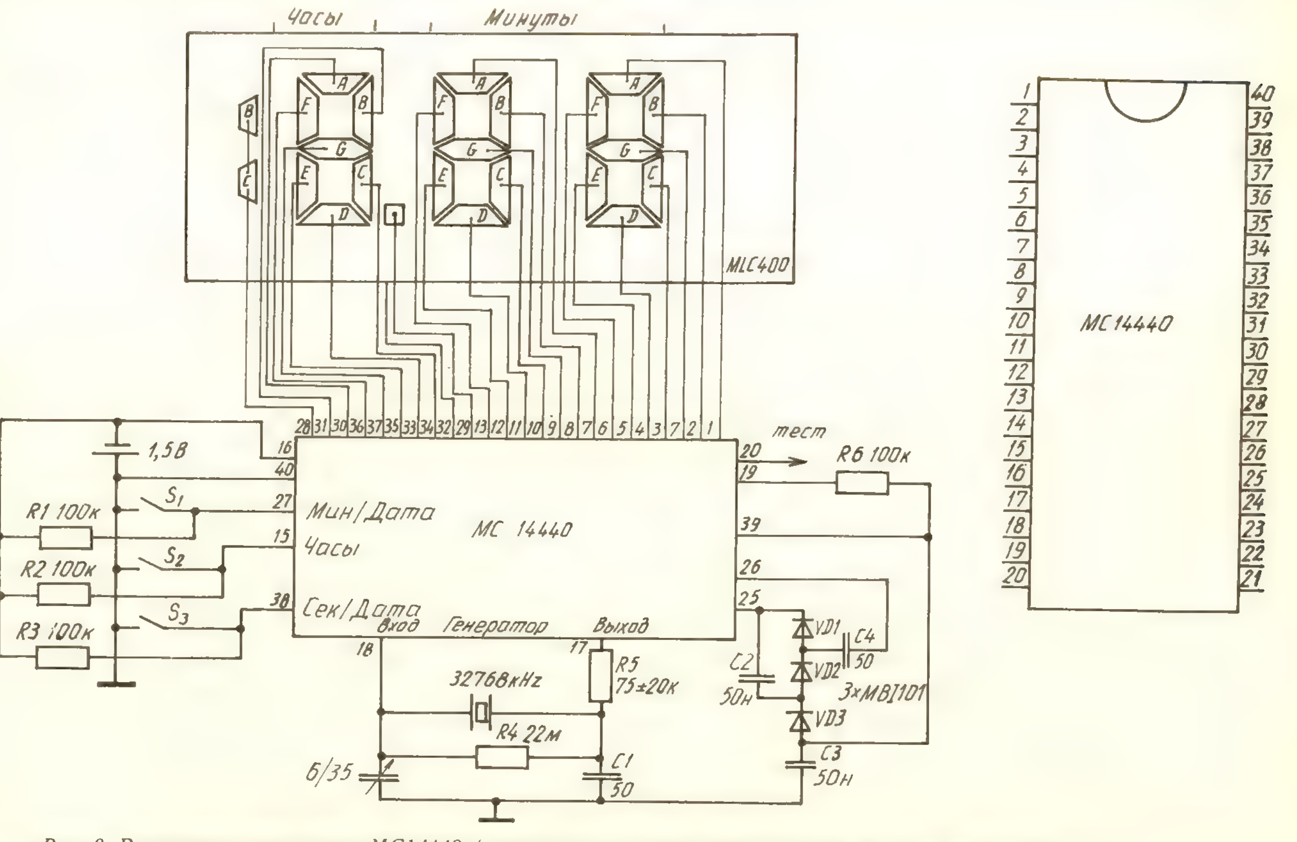


Рис. 9. Включение микросхемы MC14440 (применяется в электронных часах магнитол, магнитофонов)

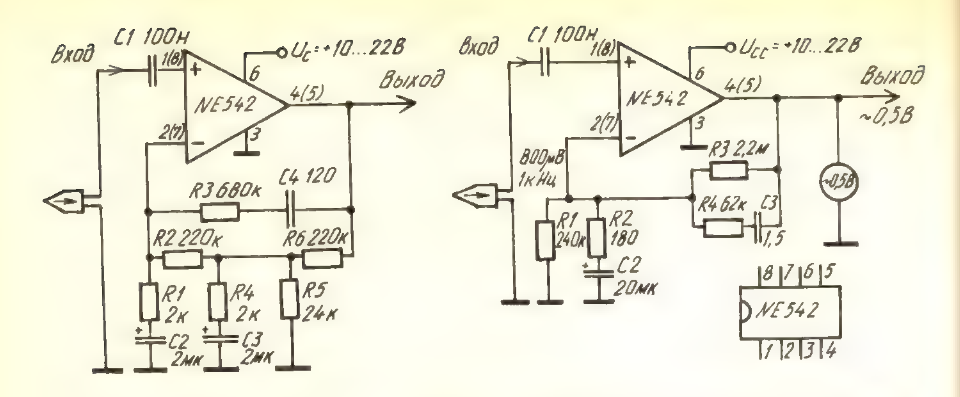


Рис. 10. Варианты включения микросхемы NE542 (сдвоенный предварительный усилитель звуковой частоты, уровень шума 1,6 дБ)

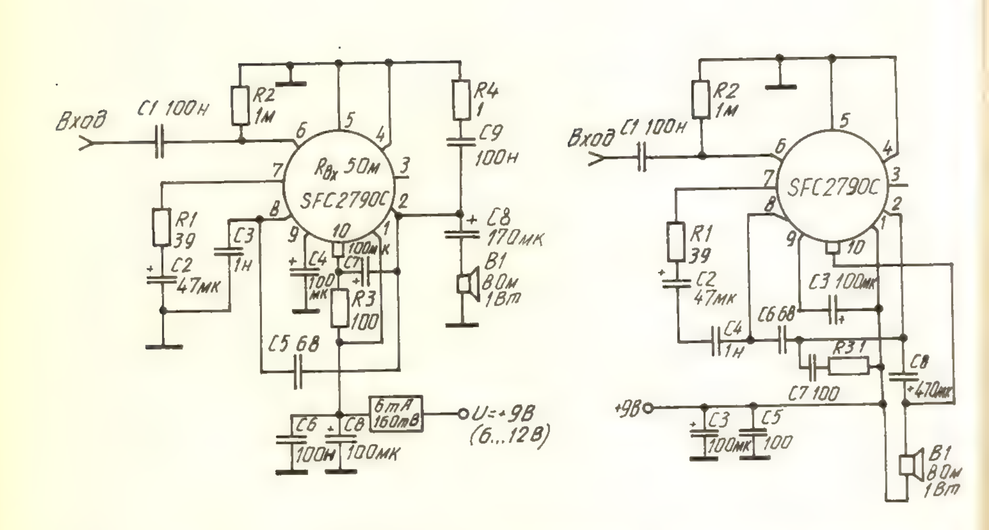
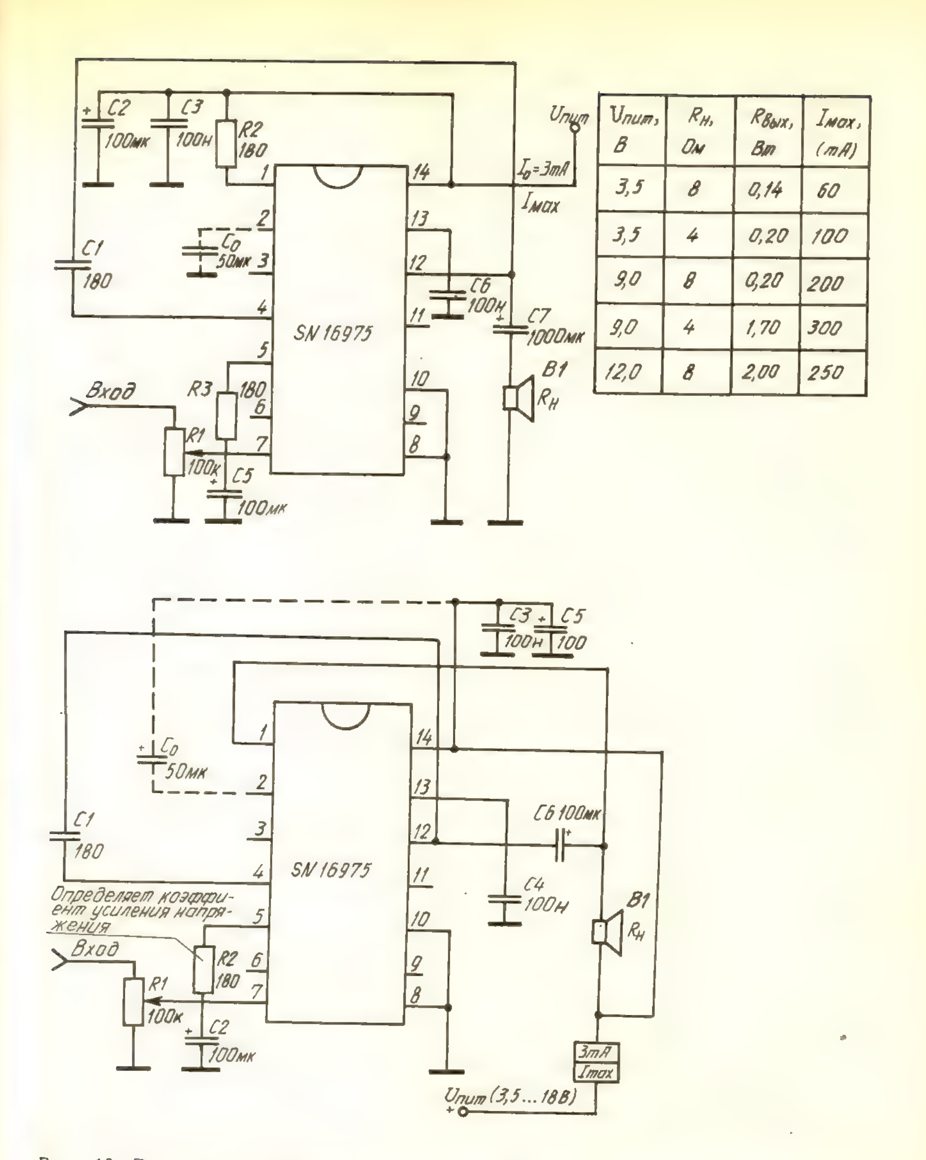


Рис. 11. Варианты включения микросхемы SFC2790C (усилитель мощности звуковой частоты, $P_{вых} = 1$ Вт; $K_г = 0{,}4$ %)



Uпит, В	Rн, Ом	Rвых, Вт	Imax, (mA)
3,5	8	0,14	60
3,5	4	0,20	100
9,0	8	0,20	200
9,0	4	1,70	300
12,0	8	2,00	250

Рис. 12. Варианты включения микросхемы SN16975 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 0,14...2 Вт. Отношение сигнал/шум — 70 дБ. $C_о$ подключается, если питание схемы от батареи)

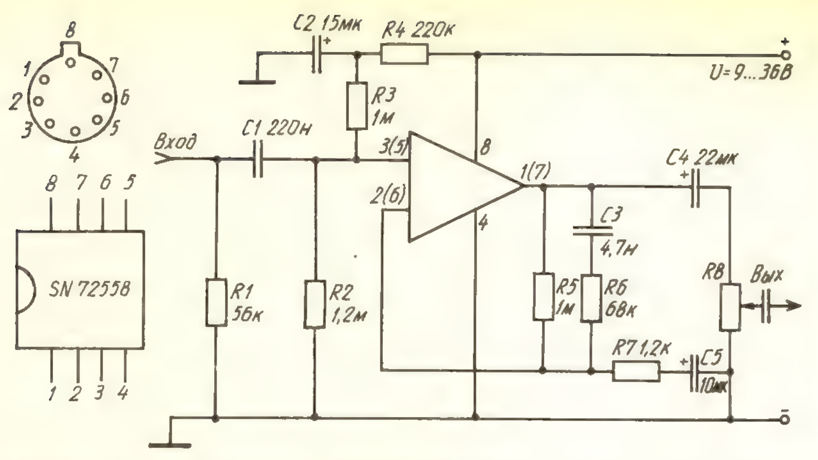
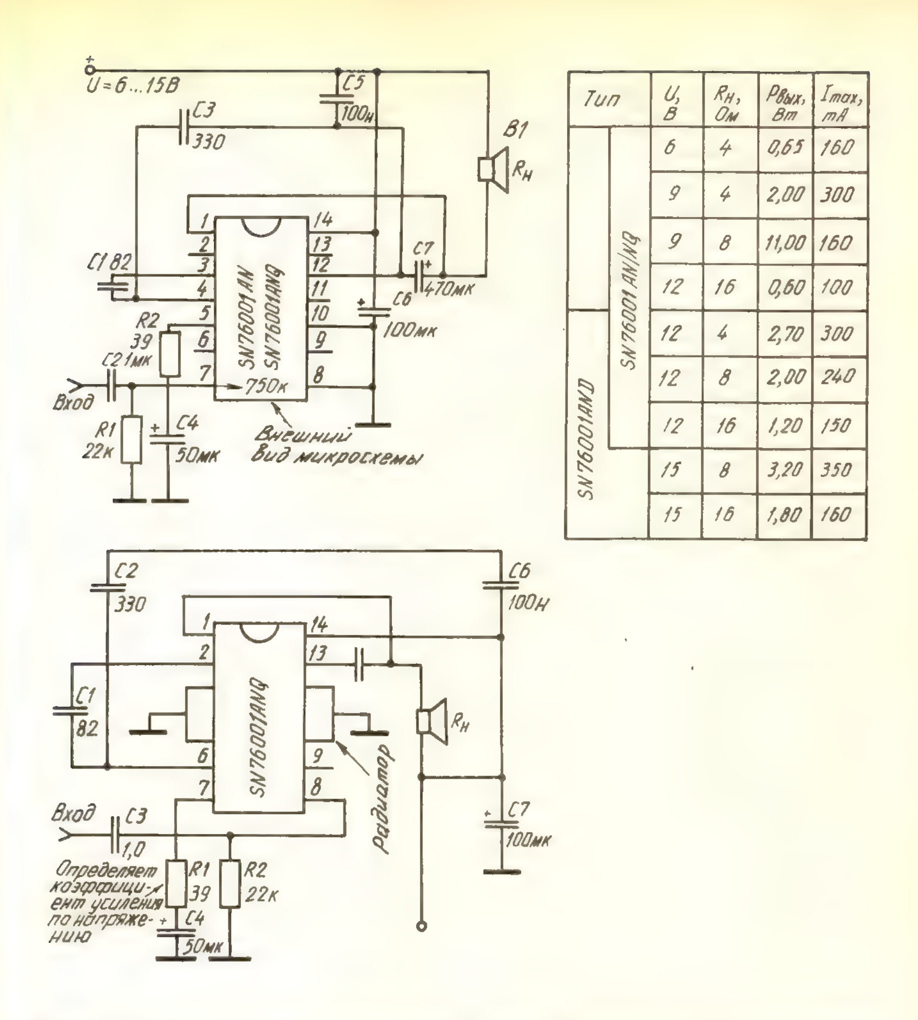


Рис. 13. Включение микросхемы SN72558 (MC1458, CA1458, MA1558, SPC2458, N5558) (сдвоенный операционный усилитель, усилитель записи, воспроизведения)

U, В	20	20	24	24	24	28	28	28
$R_н$, Ом	15	8	20	15	8	20	15	8
$P_{вых}$ (10% иск)	2,8	4,6	3,2	4,2	6,2	4,8	5,8	8,5
$P_{вых}$ (1% иск)	2,0	3,5	2,7	3,3	4,8	4,0	4,7	6,5
I_{max}, mA	100	150	250	260	420	220	300	500

Рис. 14. Схема включения микросхемы SN76003, SN76013 (SN760033), (SN76023) (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 8$ Вт, уровень шумов на выходе 1,5 мВ, коэффициент усиления 46 дБ)



Тип	U, В	Rн, Ом	Pвых, Вт	Imax, мА
SN76001AN/NQ	6	4	0,65	160
SN76001AN/NQ	9	4	2,00	300
SN76001AN/NQ	9	8	11,00	160
SN76001AN/NQ	12	16	0,60	100
SN76001AN/NQ, SN76001AND	12	4	2,70	300
SN76001AN/NQ, SN76001AND	12	8	2,00	240
SN76001AN/NQ, SN76001AND	12	16	1,20	150
SN76001AND	15	8	3,20	350
SN76001AND	15	16	1,80	160

Рис. 15. Варианты включения микросхем SN76001 AN/NQ SN76001 (усилитель мощности, ЗЧ, $P_{вых}$ = 0,6...3,2 Вт)

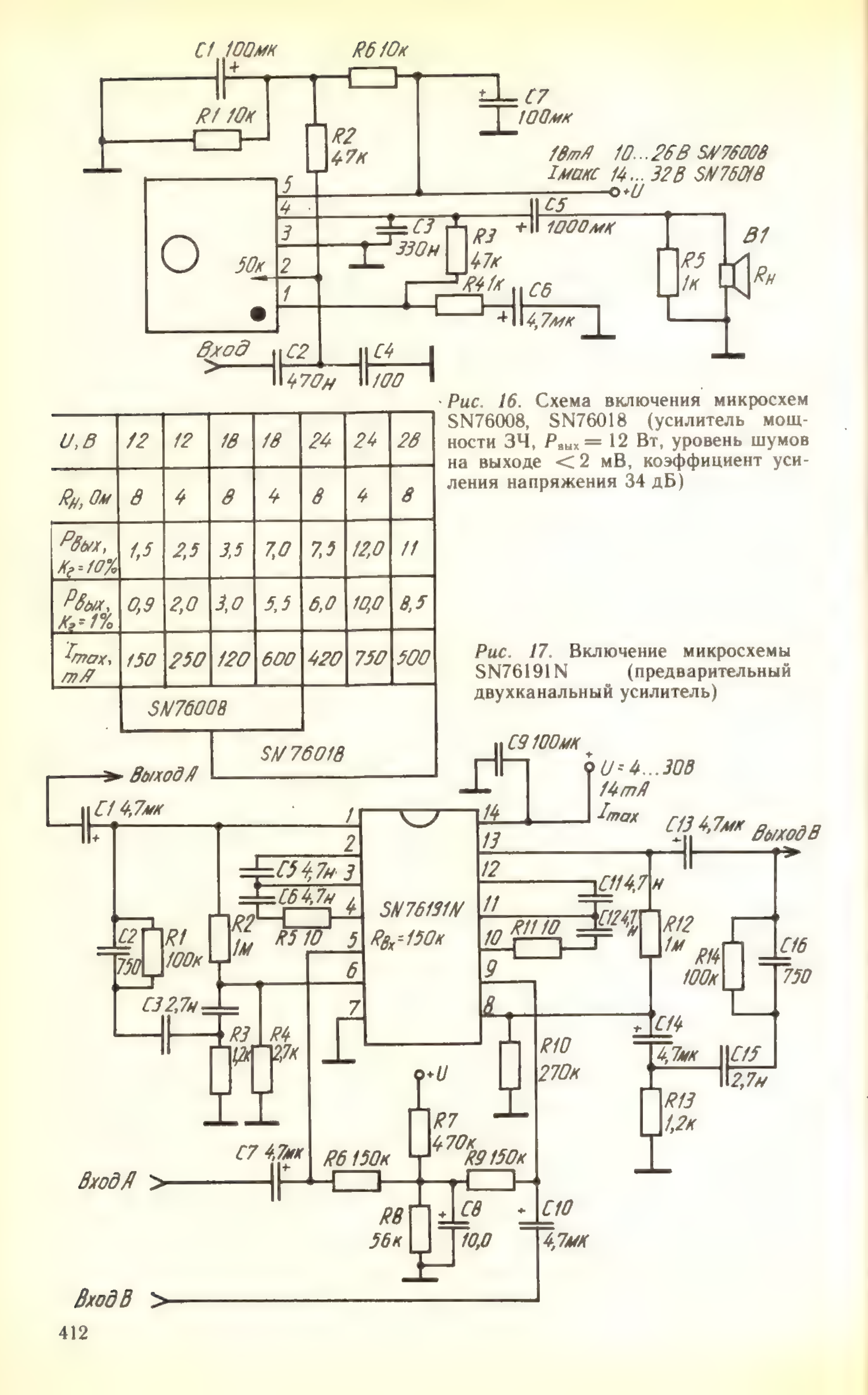
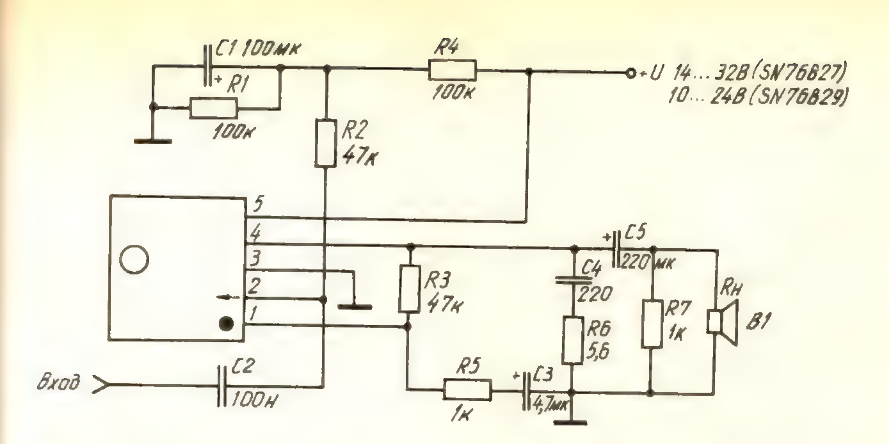


Рис. 16. Схема включения микросхем SN76008, SN76018 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 12$ Вт, уровень шумов на выходе < 2 мВ, коэффициент усиления напряжения 34 дБ)

U, В	12	12	18	18	24	24	28
Rн, Ом	8	4	8	4	8	4	8
Pвых, Kг = 10%	1,5	2,5	3,5	7,0	7,5	12,0	11
Pвых, Kг = 1%	0,9	2,0	3,0	5,5	6,0	10,0	8,5
Imax, mA	150	250	120	600	420	750	500
	SN76008	SN76008	SN76008	SN76008			
			SN76018	SN76018	SN76018	SN76018	SN76018

Рис. 17. Включение микросхемы SN76191N (предварительный двухканальный усилитель)



Тип / режим	SN 76829					SN 76827			
U, В	12	12	14,4	14,4	16	24	26	26	28
$R_н$, Ом	4	2	4	2	4	4	8	4	8
$P_{вых}$, Вт; $K_г$=10%	2,5	4,5	4,5	7,7	5,6	12,5	11	14	11
$P_{вых}$, Вт; $K_г$=1%	–	–	3,6	6	–	10	8	10	10
I_0, мА	10	10	12	12	14	25	25	25	25
$I_{макс}$, мА	300	600	450	750	500	750	600	800	550

Рис. 18. Схема включения микросхем SN76827, SN76829 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 2,5...12 Вт)

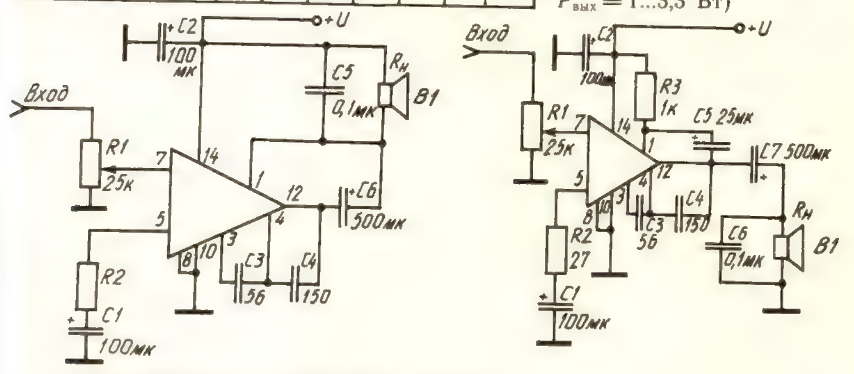
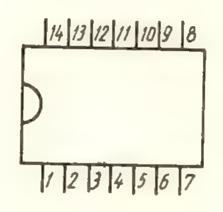
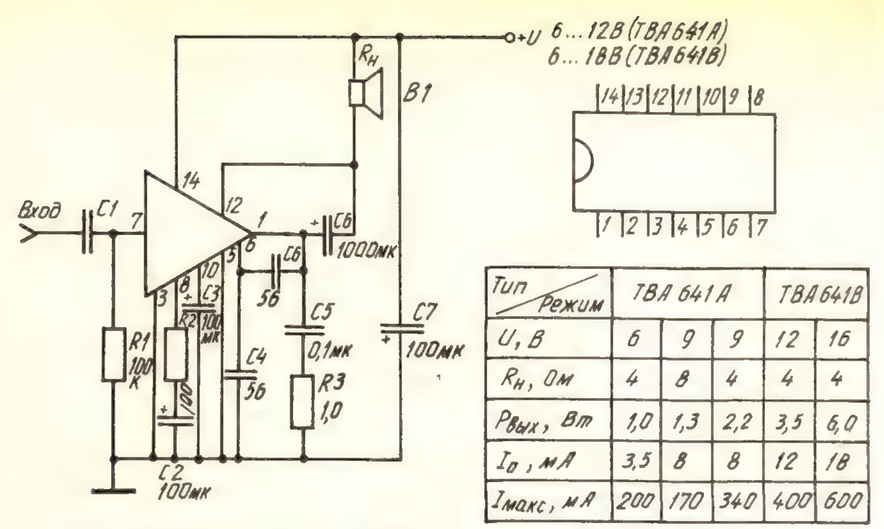


Рис. 19. Включение микросхем TAA611B, TAA611C (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 1...3,3 Вт)

Тип / Режим	TAA 611C					TAA 611B	
U, В	9	9	12	15	15	9	12
$R_н$, Ом	4	8	8	8	16	8	8
$P_{вых}$, Вт	1,8	1,2	2,1	3,3	1,9	1,15	2,1
I_0, мА	3	3	3,5	4	4	3	3,5
$I_{макс}$, мА	250	170	235	300	170	170	235



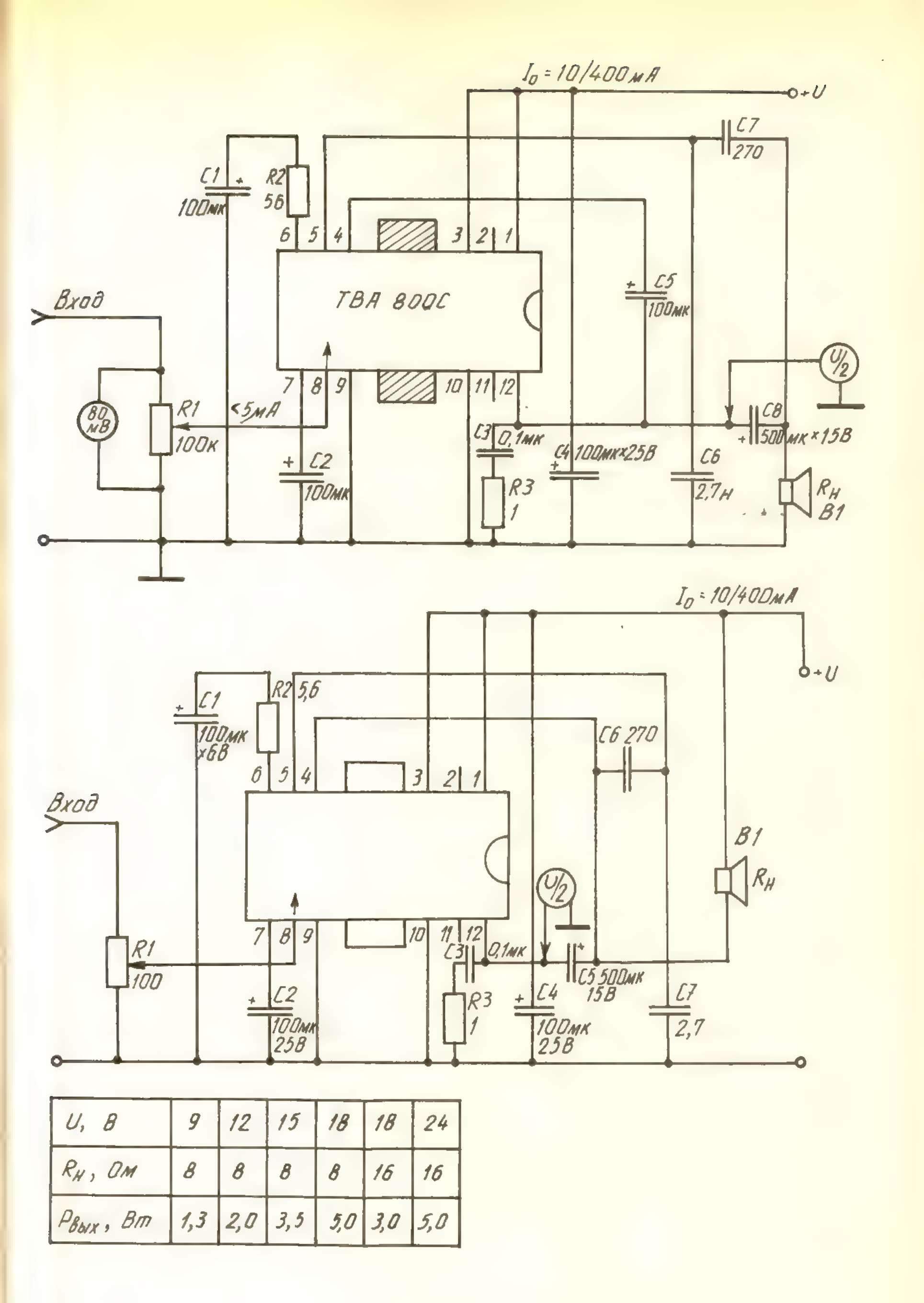


Тип / Режим	TBA 641A			TBA641B	
U, В	6	9	9	12	16
$R_н$, Ом	4	8	4	4	4
$P_{вых}$, Вт	1,0	1,3	2,2	3,5	6,0
I_0, мА	3,5	8	8	12	18
$I_{макс}$, мА	200	170	340	400	600

Рис. 20. Включение микросхем TBA641A, TBA641B (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 1...6$ Вт)

$P_{вых}$, Вт	7,0	6,0	2,5	1,0
U, В	16,0	14,4	9,0	6,0
$I_{макс}$, А	0,65	0,65	0,50	0,50

Рис. 21. Включение микросхемы TBA810AS (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 1...7$ Вт, диапазон частот 40 Гц...10 кГц, $K_г = 0,3$ %, $P_{вых} \leqslant 3$ Вт)



U, В	9	12	15	18	18	24
$R_н$, Ом	8	8	8	8	16	16
$P_{вых}$, Вт	1,3	2,0	3,5	5,0	3,0	5,0

Рис. 22. Варианты включения микросхемы TBA800C (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 1,3...5 Вт. Полоса частот 40 Гц...20 кГц, уровень шумов 5 мкВ, $K_г$ = 3 %, 3 Вт)

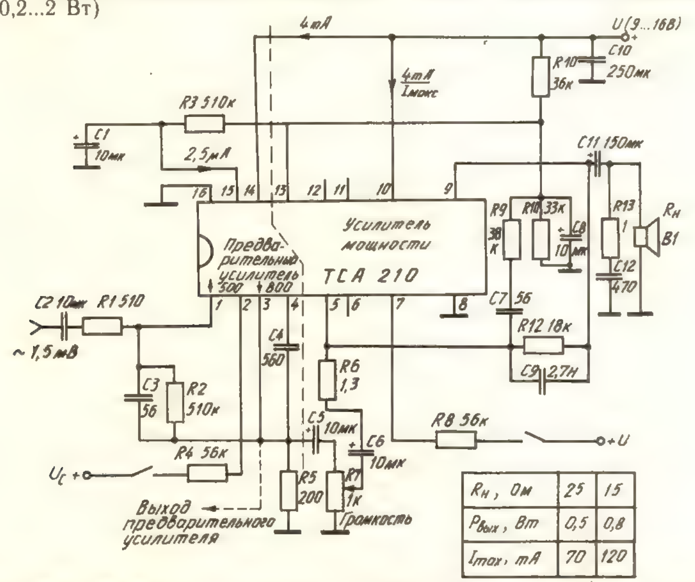
U_{CC}, В	3,5	6	9	9	12
$R_н$, Ом	4	4	8	4	8
$P_{вых}$, Вт	0,22	0,75	1,2	1,6	2,0
I_0, mA	2,5	3,5	4,0	4,0	4,5
I_{max}, mA	80	130	200	270	250

TBA 820

$C_В$, пФ	680	220
Полоса частот	25 Гц 7 кГц	25 Гц 20 кГц

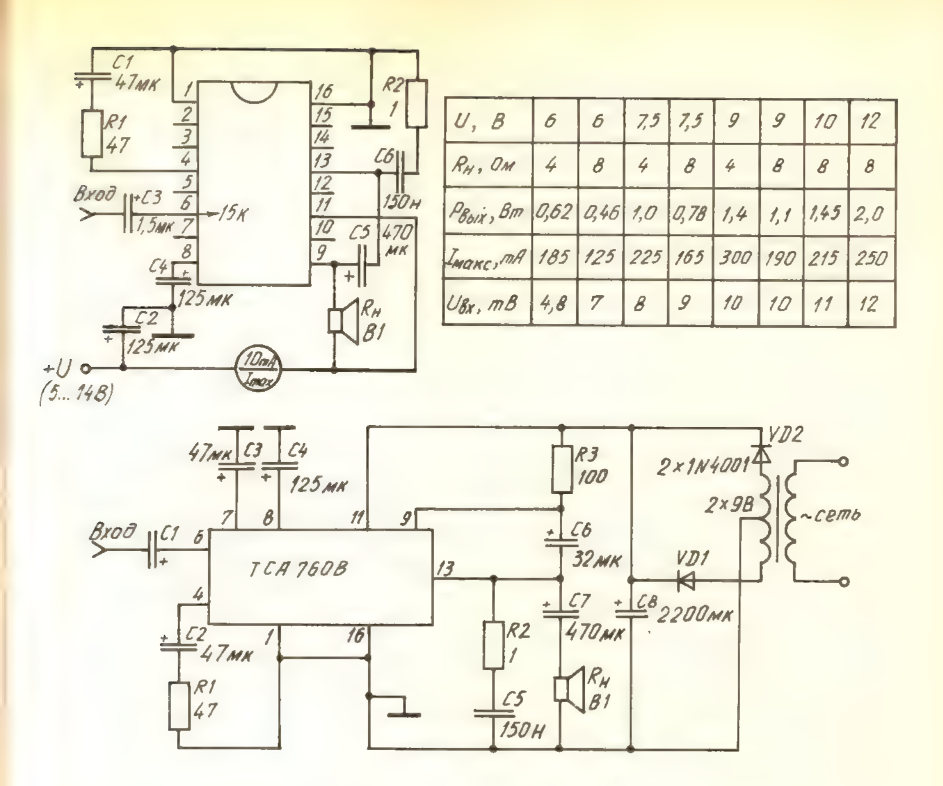
R_f, Ом	33	120
Коэффиц. усил. K_V	45	34
Коэффиц гарм. $K_г$	0,8%	0,4%

Рис. 23. Варианты включения микросхемы TBA820 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 0{,}2...2$ Вт)



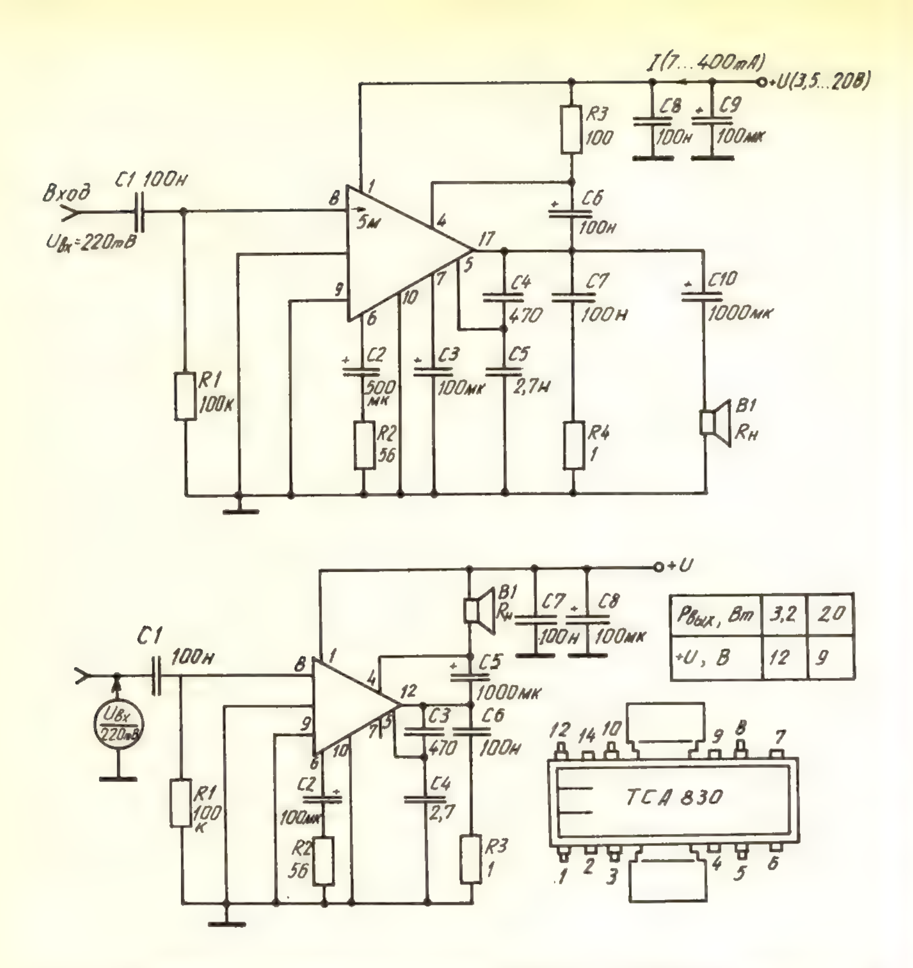
$R_н$, Ом	25	15
$P_{вых}$, Вт	0,5	0,8
I_{max}, mA	70	120

Рис. 24. Схема включения микросхемы TCA210 (предварительный и оконечный усилители мощности ЗЧ, чувствительность 1,5 мВ, $P_{вых} = 0{,}5...0{,}8$ Вт)



U, В	6	6	7,5	7,5	9	9	10	12
Rн, Ом	4	8	4	8	4	8	8	8
Pвых, Вт	0,62	0,46	1,0	0,78	1,4	1,1	1,45	2,0
Iмакс, mA	185	125	225	165	300	190	215	250
Uвх, mВ	4,8	7	8	9	10	10	11	12

Рис. 25. Варианты включения микросхемы TCA760B (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 0{,}5...2$ Вт, уровень шумов < 3 мкВ)



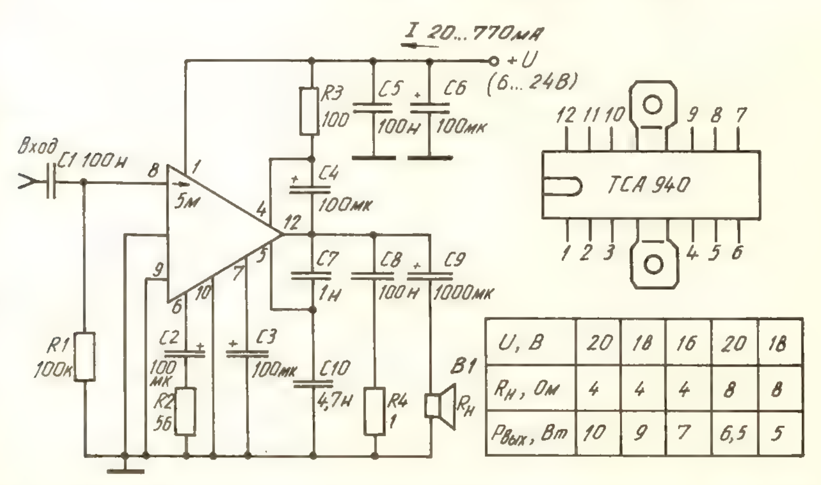
Pвых, Вт	3,2	2,0
+U, В	12	9

Рис. 26. Варианты включения микросхем TCA830 и TCA830A (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 2...3,2$ Вт)

Величина R_f, Ом	22	100	200
Величина K_v	100	40	20

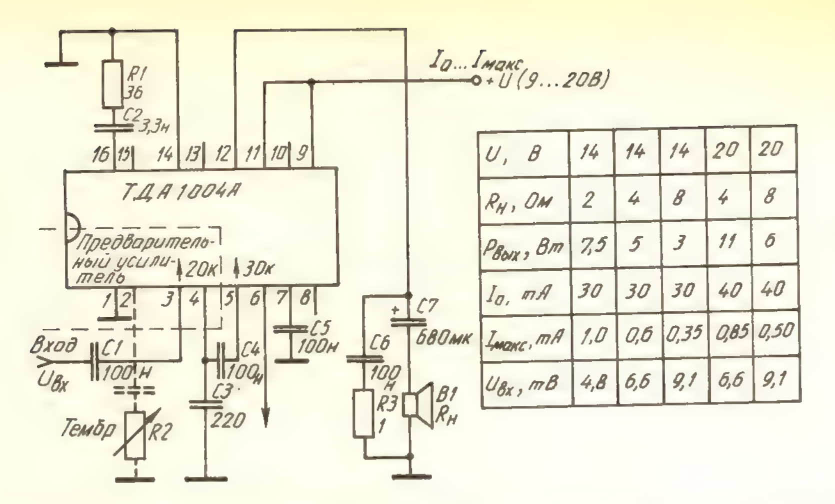
U, В	$R_н$, Ом	$P_{вых}$, Вт	I_0, мА	I_{max} мА
6	4	0,8	6,5	220
9	4	2,0	8,5	330
12	8	2,3	10	300
12	4	3,4	10	430
14	4	4,2	11	450

Рис. 27. Включение микросхемы TCA830S (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 0{,}8...24$ Вт)



U, В	20	18	16	20	18
$R_н$, Ом	4	4	4	8	8
$P_{вых}$, Вт	10	9	7	6,5	5

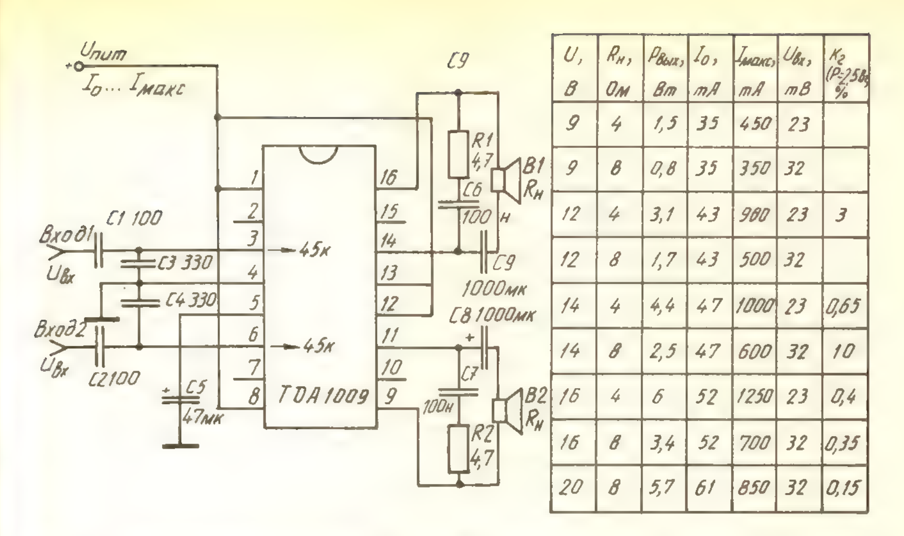
Рис. 28. Включение микросхемы TCA940 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 5...10$ Вт, полоса частот 40 Гц...20 кГц, $K_г = 0{,}3$ %, $P_{вых} = 5$ Вт)



U, В	14	14	14	20	20
$R_н$, Ом	2	4	8	4	8
$P_{вых}$, Вт	7,5	5	3	11	6
I_0, мА	30	30	30	40	40
$I_{макс}$, мА	1,0	0,6	0,35	0,85	0,50
$U_{вх}$, мВ	4,8	6,6	9,1	6,6	9,1

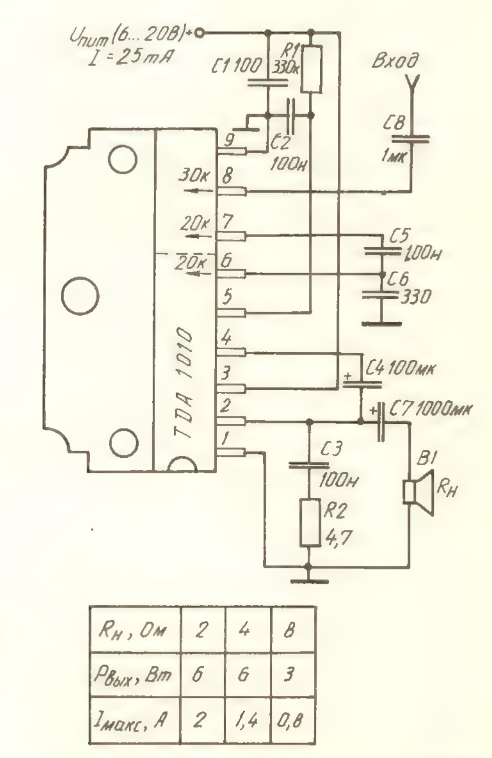
Рис. 29. Включение микросхемы ТДА1004А (предварительный усилитель совместно с усилителем мощности ЗЧ, $P_{вых} = 5...11$ Вт, $K_г = 0,2$ %, $P_{вых} = 2$ Вт, уровень шума на выходе 0,5 мВ)

Рис. 30. Включение микросхемы ТДА1006 (применяется в схемах управления магнитол)



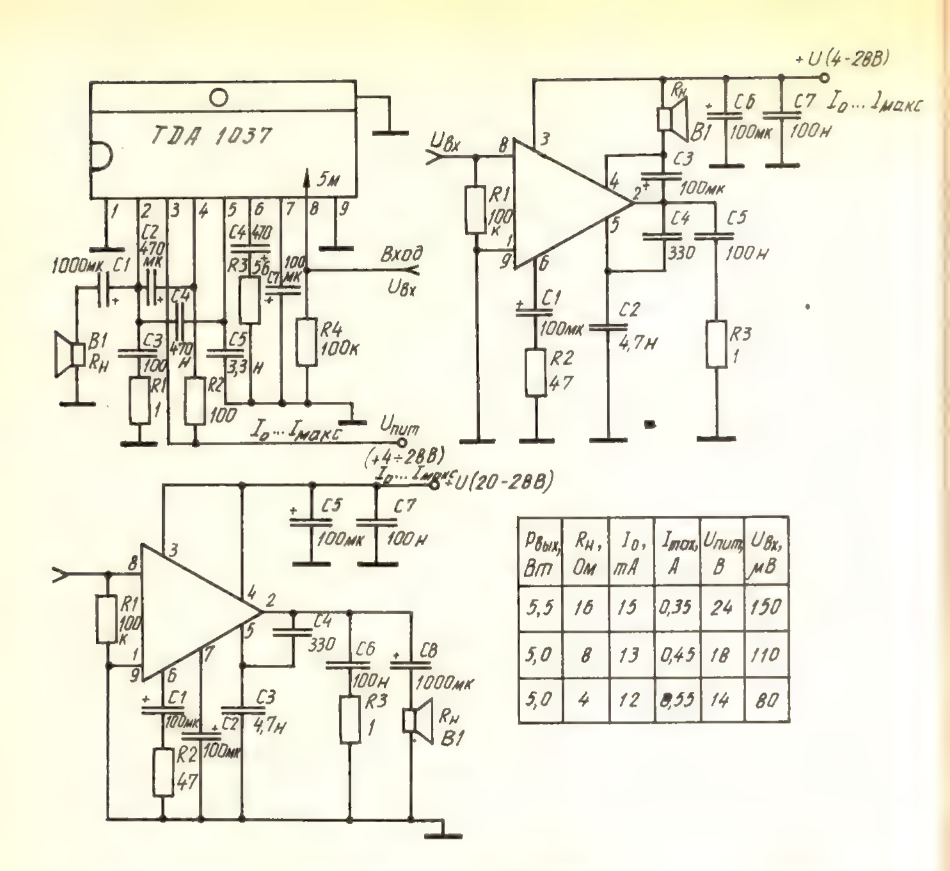
U, В	Rн, Ом	Pвых, Вт	I_0, мА	Iмакс, мА	Uвх, мВ	Kг (P=2,5Вт) %
9	4	1,5	35	450	23	
9	8	0,8	35	350	32	
12	4	3,1	43	900	23	3
12	8	1,7	43	500	32	
14	4	4,4	47	1000	23	0,65
14	8	2,5	47	600	32	10
16	4	6	52	1250	23	0,4
16	8	3,4	52	700	32	0,35
20	8	5,7	61	850	32	0,15

Рис. 31. Включение микросхемы ТДА1009 (двухканальный усилитель мощности $P_{вых} = 2 \times 0{,}8...5{,}7$ Вт)



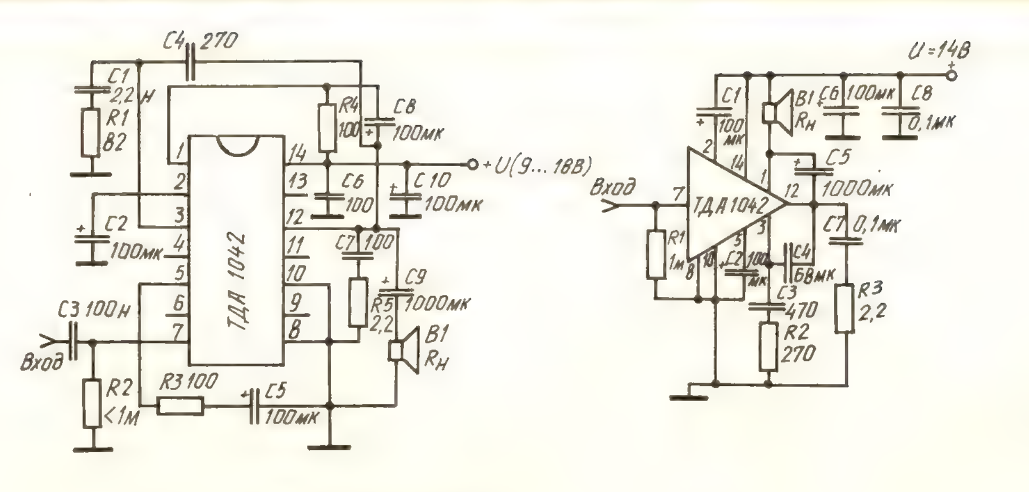
Rн, Ом	2	4	8
Pвых, Вт	6	6	3
Iмакс, А	2	1,4	0,8

Рис. 32. Включение микросхемы ТДА1010 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 3...6$ Вт, $K_г = 0{,}3$ %, $P_{вых} = 3$ Вт, уровень шумов на выходе 1 мВ, полоса частот 60 Гц...15 кГц)



$P_{вых}$, Вт	$R_н$, Ом	I_0, mA	I_{max}, А	$U_{пит}$, В	$U_{вх}$, мВ
5,5	16	15	0,35	24	150
5,0	8	13	0,45	18	110
5,0	4	12	0,55	14	80

Рис. 33. Варианты включения микросхемы ТДА1037 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 5 Вт, $K_г$ = 1 %, полоса частот 35 Гц...20 кГц)



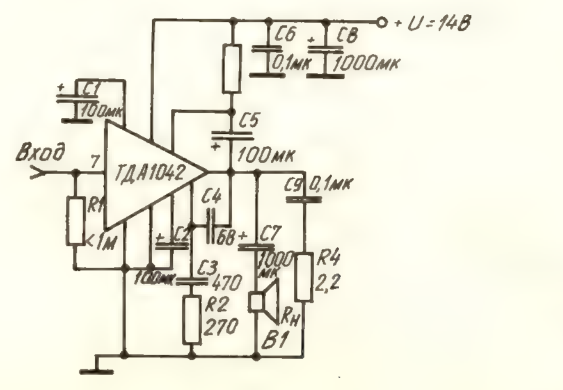


Рис. 34. Возможные схемы включения микросхемы ТДА1042 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 10$ Вт, полоса частот 40 Гц...20 кГц)

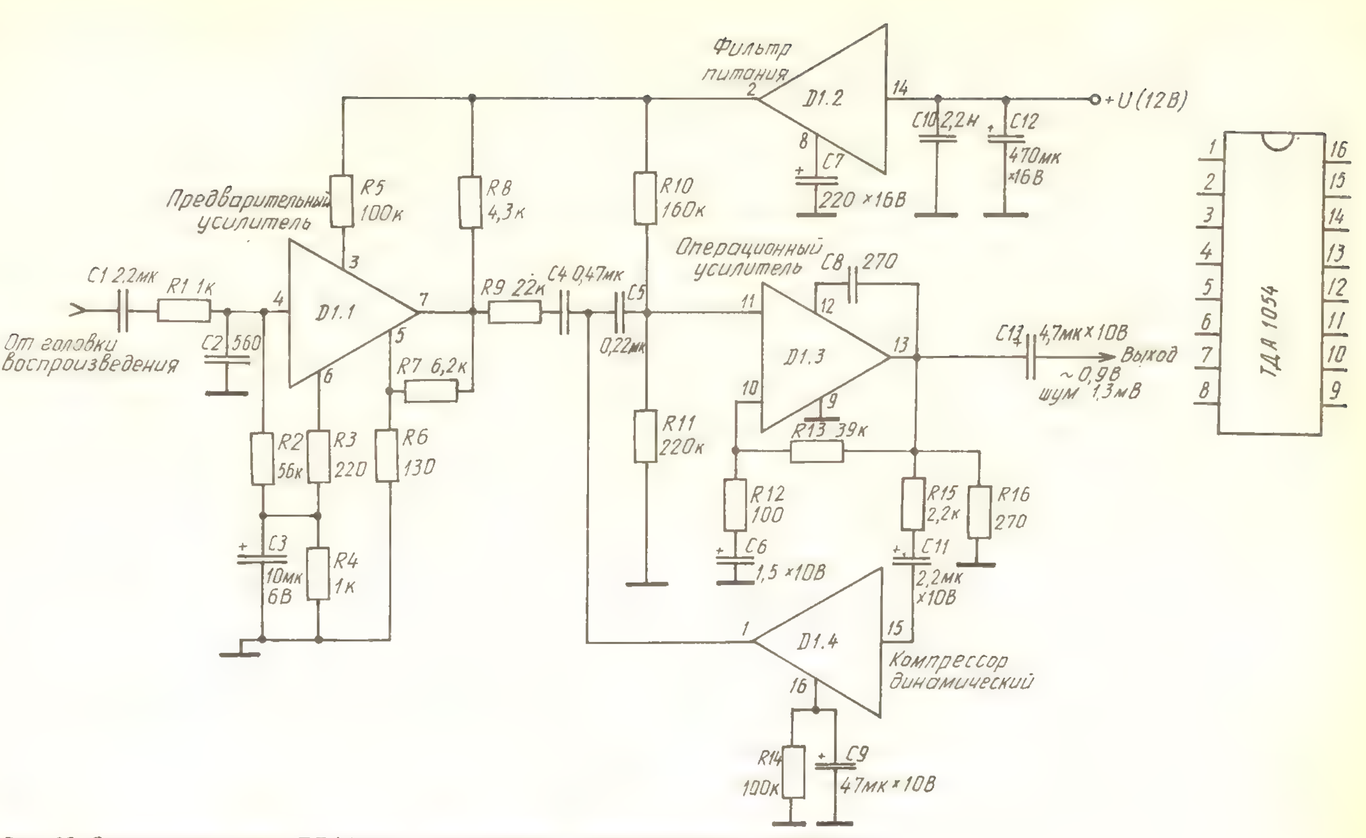
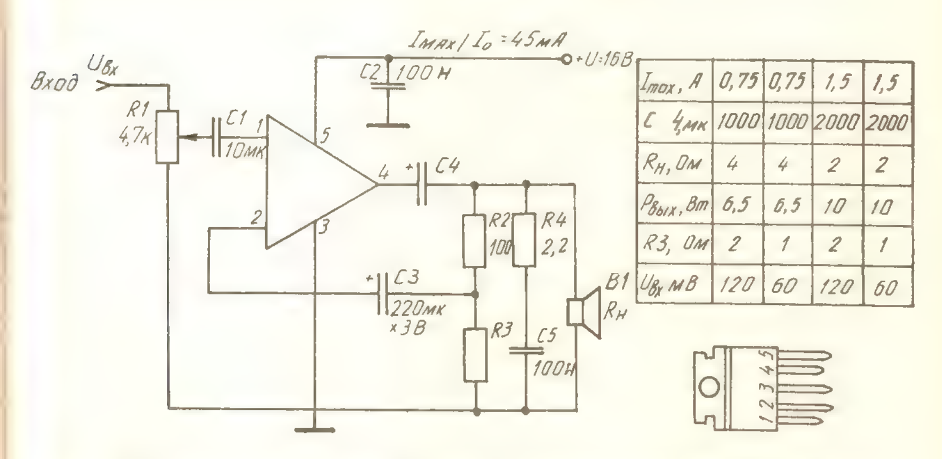


Рис. 35. Состав микросхемы ТДА1054 и ее включение (предварительный усилитель и компрессор для магнитной записи, $K_г = 0{,}1$ %)

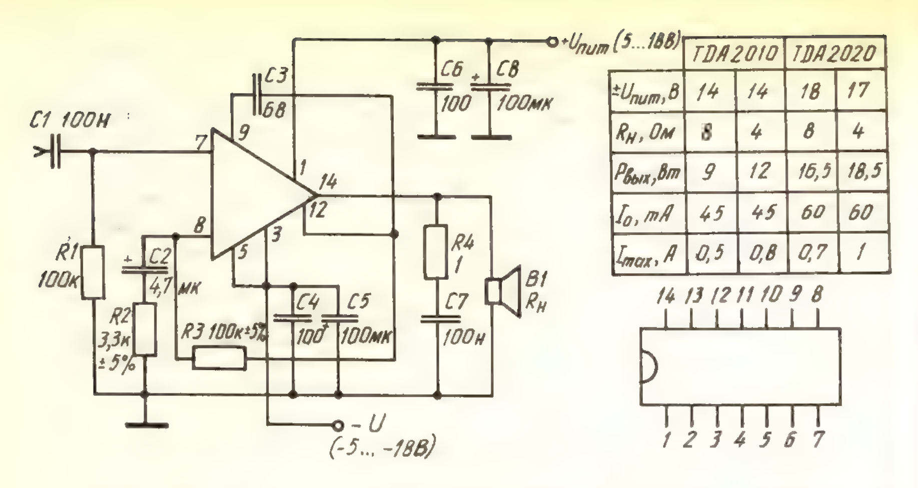
	TDA1410		TDA1420	
U, В	27	25	36	34
R_H, Ом	8	4	8	4
$P_{вых}$, Вт	12	16	20	30
I_{max}, A	0,58	0,96	0,72	1,3

Рис. 36. Включение микросхем ТДА1410, ТДА1420 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 12...30$ Вт, полоса частот 20 Гц...10 кГц, $K_г = 0{,}2$ % (Р = 10 Вт), пунктиром показаны цепи защиты от короткого замыкания на выходе)



I_{max}, A	0,75	0,75	1,5	1,5
C_4, мк	1000	1000	2000	2000
R_H, Ом	4	4	2	2
$P_{вых}$, Вт	6,5	6,5	10	10
R3, Ом	2	1	2	1
$U_{вх}$ мВ	120	60	120	60

Рис. 37. Включение микросхемы ТДА2002 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 6{,}5...10$ Вт, полоса частот 40 Гц...15 кГц)



	TDA2010		TDA2020	
$\pm U_{пит}$, В	14	14	18	17
$R_н$, Ом	8	4	8	4
$P_{вых}$, Вт	9	12	16,5	18,5
I_0, мА	45	45	60	60
I_{max}, А	0,5	0,8	0,7	1

Рис. 38. Включение микросхем ТДА2010, ТДА2020 (усилитель мощности ЗЧ с двухполярным питанием, $P_{вых} = 9...18$ Вт, $K_г = 1$ %)

	$K_г = 10\%$ $f = 1$ кГц		$K_г = 0,5\%$ $\Delta f = 40$ Гц÷15кГц	
$R_н$, Ом	8	4	8	4
$P_{вых}$, Вт	11	18	9	14
I_{max}, А	0,7	1,1	0,52	0,9

Рис. 39. Включение микросхемы ТДА2030 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 9...18$ Вт)

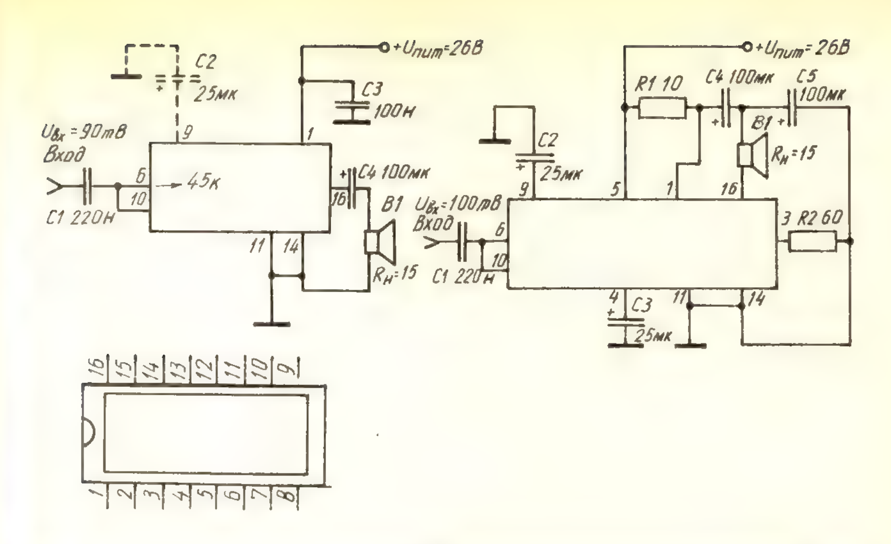


Рис. 40. Включение микросхемы ТДА2610 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых} = 4...7$ Вт)

+U (10...18В)
R1
1к
2×LD466
VD2 VD3 VD4 VD5 VD6 VD7 VD8 VD9
Вход
0,3мА
0,3мА
R3
10к
UAA 180
VD10
VD11
VD12
VD13
VD1
BZX83
5V6
R2
10к
0,3мА
10мА на диод

Рис. 41. Включение микросхемы UAA180 (светодиодный индикатор (12 ячеек)

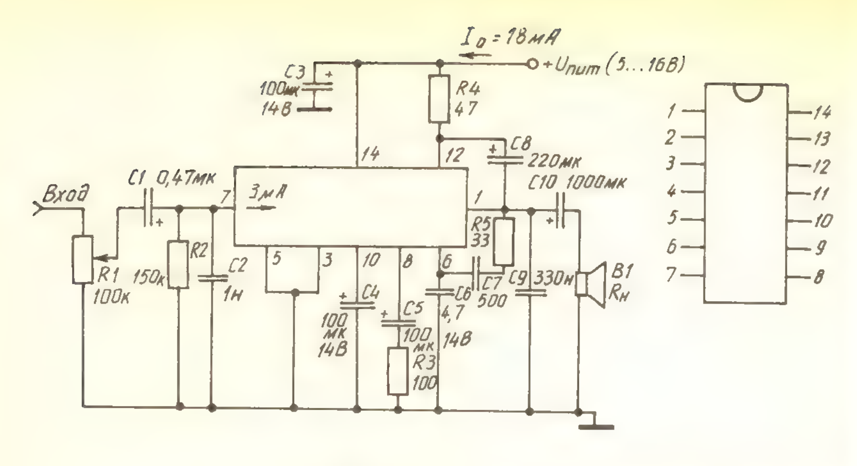


Рис. 42. Включение микросхемы МА706 (усилитель мощности ЗЧ, $P_{вых}$ = 1...4 Вт, полоса частот 40 Гц... 20 кГц, $K_г$ = 0,2 %, P = 1 Вт)

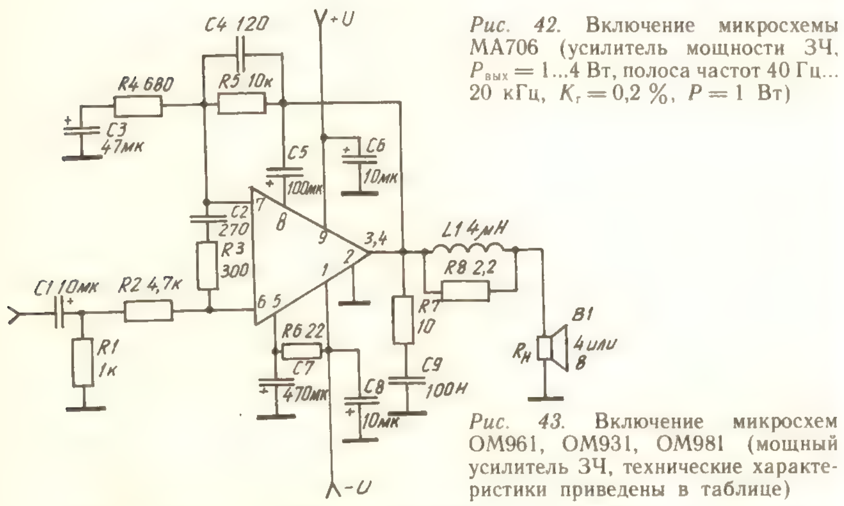
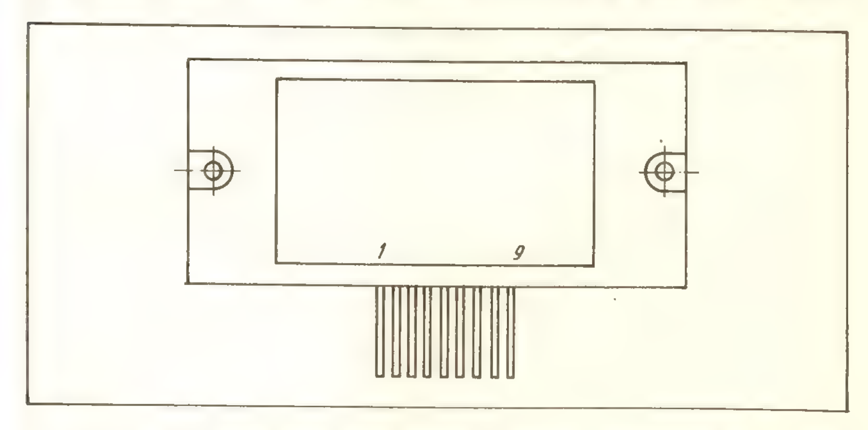


Рис. 43. Включение микросхем ОМ961, ОМ931, ОМ981 (мощный усилитель ЗЧ, технические характеристики приведены в таблице)

Технические характеристики		Наименование микросхем					
Наименование параметра	Обозначение	ОМ 931		ОМ 961		ОМ 981	
Величина $U_{пит}$ для $P_{вых}$ максимальная	U, В	± 23	± 26	± 31	± 35	± 36	
Ток покоя / Ток потребления	I_0/I_{max}, мА/А	80/1,3		100/1,9		120/2,2	
Выходная мощность	$P_{вых}$, Вт	30		60		80	
Интермодуляционные искажения для $P_{вых}$ = 1 Вт, $P_{вых} = P_{max}$	$K_{ин}$, % $K_{ин}$, %	0,05 0,1		0,05 0,1		0,05 0,1	
Чувствительность, P_{max}	$U_{вх}$, В	0,68	1,0	0,97	1,41	1,1	1,1
Полоса частот (± 3 дБ)	Гц	20 Гц — 50 кГц					
Отношение сигнал/шум $P_{вых}$ = 5 мВт	дБ	87		87		87	

Основные характеристики							
Параметры \ Наименование микросхем		ОМ 931		ОМ 961		ОМ 981	
Двухполярное питание	± U, В	± 23	± 26	± 31	± 35	± 36	± 36
Выходная мощность в диапазоне 20 Гц ÷ 20 кГц $R_н$ = 4 Ом	$P_{вых}$, Вт	30		60		80	
$R_н$ = 8 Ом	$P_{вых}$, Вт		30		60		60
Коэффициент гармоник на $P_{вых}$ = 1 Вт f = 1 кГц	$k_г$, % 0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02



Предельные параметры				
Параметры \ Наименование микросхем		ОМ 931	ОМ 961	ОМ 981
Максимальное напряжение питания	±U, В	± 40	± 45	± 50
Максимальная температура корпуса при работе	T_{max}, °C	95	95	95
Диапазон рабочих температур	T, °C	-30 ... +100	-30 ... +100	-30 ... +100

Рис. 44. Технические характеристики усилителей ЗЧ на микросхемах ОМ961, ОМ931, ОМ981

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ МАГНИТОФОНОВ И МАГНИТОФОННЫХ ПРИСТАВОК ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 1

Торговая марка	Коэффициент детонации, %	Рабочий диапазон частот на лентах типа	Относит. уровень шумов с разными системами шумопонижения, дБ	Количество двигателей	Количество головок и их тип	Входы, мВ	Выходы, В	Потребляемая мощность, Вт	Размеры, см	Вес, кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аппараты фирмы «Техникс»											
RS-B100	±0,038	норм., 20 Гц...20 кГц CrO_2, 20 Гц...22 кГц мет., 20 Гц...24 кГц	двх 92 д-с 78	2	2-(АХ) записыв., воспроизв., 1-сендаст., стирающ.	лин. 60	лин. 0,76	35	43×9,8× ×27,3	5,6	Двигатель прямого привода с кварцевой стабилизацией
RS-B85	±0,14	норм., 20 Гц...19 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 67	2	2-(АХ) записыв., воспроизв., 1-сендаст., стирающ.	лин. 60	лин. 0,46	24	43×9,9	5,2	—
RS-B55	±0,13	норм., 30 Гц...16 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 67	1	2-(АХ) записыв., 1-феррит.	микр. 0,25 лин. 60	лин. 0,4	18	43×10× ×22,9	3,5	—
RS-B40	±0,14	норм., 30 Гц...16 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...20 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 67	2	1-(МХ) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. 0,25	лин. 0,4	15	43×9,8× ×27,3	4,5	—

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RS-B33	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц	двх 92 д-с 72	2	1-(AX) воспроизв., 1-(AX) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. 14 лин. 60	лин. 0,4	18	43×10,9× ×23,2	4,3	То же
RS-B11	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	— — д-в 67	2	1-(AX) воспроизв. 1-(MX) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. 1 лин. 80	лин. 0,4	12	43×10,8× ×23,2	4	Двухкассетный
RS-B78	±0,14	норм., 30 Гц...17 кГц CrO_2, 30 Гц...18 кГц мет., 30 Гц...19 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 68	3	1-(AX) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. 0,25 лин. 60	лин. 0,7	25	43×9,8× ×27,3	5,3	С автореверсом
RS-B28	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	— д-с 75 д-в 67	1	1-(MX) 1-феррит.	микр. 0,25 лин. 60	лин. 0,4	18	43×10× ×22,9	3,7	То же
RS-4	±0,14	норм., 30 Гц...14 кГц CrO_2, 30 Гц...14 кГц мет., 30 Гц...15 кГц	— — д-в 67	1	1-(MX) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. лин.	лин.	9	315×118× ×244	3,1	—
RS-5	±0,14	норм., 30 Гц...14 кГц CrO_2, 30 Гц...15 кГц мет., 30 Гц...16 кГц		1	1-(MX) записыв., воспроизв., 1-феррит., стирающ.	микр. лин.	лин.	9	315×118 244	3,1	—

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RS-M205	±0,14	норм., 30 Гц...13 кГц CrO_2, 30 Гц...15 кГц мет., 30 Гц...15 кГц		1	1-(МХ) записыв., воспроизв., 1-феррит.	микр. лин. дин.	лин. дин.	10	43×12,2× ×20,6	3,9	—
RS-206A	±0,14	норм., 40 Гц...14 кГц CrO_2, 40 Гц...15 кГц мет., 40 Гц...16 кГц			1-МХ 1-феррит.	лин. микр. дин.	лин.	10	43×10,9× ×23,3	4,0	—
RS-M226A	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	 д-с 75 д-в 67	 1	1-МК 1-феррит.	лин. микр. дин.	лин.	12	43×10,9× ×23,3	4,0	—
RS-M233X	±0,14	норм., 30 Гц...16 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	двх 92 д-с 75	 1	1-МХ 1-феррит.	лин. микр.	лин.	15	43×10,9× ×23,5	4,4	—
RS-M235X	±0,14	норм., 30 Гц...16 кГц CrO_2, 30 Гц...18 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 67	2	1-МХ 1-феррит.	лин. микр.	лин.	18	43×9,8× ×27,3	5,0	—
RS-M245X	±0,14	норм., 30 Гц...16 кГц CrO_2, 30 Гц...18 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	двх 92 д-с 75 д-в 67	2	1-АХ 1-феррит.	лин. микр.	лин.	22	43×9,8× ×27,3	5,1	—
RS-M263	±0,14	норм., 25 Гц...16 кГц CrO_2, 25 Гц...18 кГц мет., 25 Гц...19 кГц	67	1	2-(АХ) записыв., воспроизв., 1-феррит.	лин. микр.	лин.	17	43×11,9× ×28,2	5,3	—
RS-M253	±0,14	норм., 20 Гц...18 кГц CrO_2, 20 Гц...20 кГц мет., 20 Гц...21 кГц	двх 92 д-с 78 д-в 70	2	2-(АХ) записыв., воспроизв., 1-сендант.	микр. лин.	лин.	25	43×9,8× ×27,3	5,3	—
RS-B58	±0,14	норм., 30 Гц...17 кГц CrO_2, 30 Гц...18 кГц мет., 30 Гц...19 кГц	двх 92 д-с 92 д-в 67	3	1-АХ- 1-феррит.	микр. лин.	лин.	18	43×9,5× ×27,3	5,0	—
RS-M222	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...18 кГц	67	2	1-(МХ) записыв., воспроизв.	микр.	лин.	15	43×11,9× ×27,8	5,6	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					1-(MX) воспроизв., 1-феррит.						
RS-Д550	±0,16	норм., 30 Гц...14 кГц CrO_2, 30 Гц...15 кГц мет., 30 Гц...16 кГц	— — д-в 66	2	1-(MX) воспроизв. 1-(MX) записыв., воспроизв., 1-феррит.	лин. 60	лин. 0,4	12	43×11,4× ×22,9	3,5	Двухкассетный
RS-B25	±0,12	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	— д-с 75 д-в 67	1	1-(MX) записыв., воспроизв., 1-феррит.	микр. 0,25 лин. 60	лин. 0,4	16	43×10× ×22,9	3,4	—
RS-Д450	±0,16	норм., 30 Гц...14 кГц CrO_2, 30 Гц...15 кГц мет., 30 Гц...16 кГц	— д-с 74 д-в 66	1	1-MX 1-феррит.	микр. 0,25 лин. 70	лин. 0,4	9	43×11,4× ×22,8	3	—
RS-Д250	±0,16	норм., 30 Гц...14 кГц CrO_2, 30 Гц...15 кГц мет., 30 Гц...16 кГц	— — д-в 66	1	1-MX 1-феррит.	микр. 0,25	лин. 0,4	9	43×11,4× ×22,8	3	—
RS-B905	±0,12 (DIN)	20 Гц...20 кГц (норм.) 20 Гц...21 кГц (CrO_2) 20 Гц...22 кГц (Me)	92 (dвх) 72 (D-C) 67 (D-B)	2	3-(Mx+ сендаст)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/ 2,2 кОм 125 мВ/ 8 ом	25	43×11× ×28,5	5,0	Долби HX PRO класс AA
RS-B705	±0,18 (DIN)	20 Гц...19 кГц (норм.) 20 Гц...20 кГц (CrO_2) 20 Гц...21 кГц (Me)	— 75 (D-C) 67 (D-B)	2	3-(MX+ сендаст)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/ 2,2 кОм 80 мВ/8 Ом	23	43×11× ×28,5	5,0	Долби HXPRO класс AA
RS-B605	±0,2 (DIN)	20 Гц...16 кГц (норм.) 20 Гц...17 кГц (CrO_2) 20 Гц...18 кГц (Me)	92 (dвх) 74 (D-C) 66 (D-B)	2	2-(MX+ феррит)	микр. 0,25 мВ/ 400...10 кОм 60 мВ/47 кОм	400 мВ/ 2,2 кОм 80 мВ/ 8 Ом	20	43×11× ×28,7	5,0	Долби HXPRO класс AA
RS-B505	±0,2 (DIN)	20 Гц...16 кГц (норм.) 20 Гц...17 кГц (CrO_2) 20 Гц...18 кГц (Me)	— 74 (D-C) 66 (D-B)	2	2-(MX+ феррит)	микр. 0,25 мВ/ 400...10 кОм 60 мВ/47 кОм	400 мВ/ 2,2 кОм 80 мВ/ 8 Ом	20 20	43×11× ×28,7	4,4	Долби HXPRO класс AA

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RS-B105	±0,2 (DIN)	20 Гц...15 кГц (норм.) 20 Гц...15 кГц (CrO_2) 20 Гц...16 кГц (Ме)	— — 66 (D-B)	1	2-(МХ+феррит)	микр. 0,25 мВ/400...10 кОм 60 мВ/47 кОм	400 мВ/3,2 к	9	43×11××23,6	3	
RS-T80	±0,2 (DIN)	30 Гц...16 кГц (норм.) 30 Гц...17 кГц (CrO_2) 30 Гц...18 кГц (Ме)	92 (dвх) 75 (D-C) 67 (D-B)	2	4-(МХ+феррит)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/1,5 кОм 80 мВ/8 Ом	25	43×11,1××27,5	5,4	Двухкассетник с автореверсом
RS-T55	±0,2 (DIN)	20 Гц...16 кГц (норм.) 20 Гц...17 кГц (CrO_2) 20 Гц...18 кГц (Ме)	92 (dвх) 75 (D-C) 66 (D-B)	4	3-(МХ+феррит)	60 мВ/47 кОм	430 мВ/3 кОм 80 мВ/8Ом	21	43×11,9××27,4	5,2	Двухкассетник с автореверсом
RS-T330P	±0,2 (DIN)	20 Гц...16 кГц (норм.) 20 Гц...16 кГц (CrO_2) 20 Гц...17 кГц (Ме)	— 74 (D-C) 66 (D-B)	2	3-(МХ+феррит)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/3,2 кОм 30 мВ/8 Ом 600 Ом	14	43×12,5××23,5	4,5	Двухкассетник с автореверсом
RS-T230	±0,2 (DIN)	20 Гц...15 кГц (норм.) 20 Гц...15 кГц (CrO_2) 20 Гц...16 кГц (Ме)	— 74 (D-C) 66 (D-B)	2	3-(МХ+феррит)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/3,2 кОм 30 мВ/8 Ом 600 Ом	14	43×12,5××23,5	4,5	Двухкассетник
RS-T130	±0,2 (DIN)	20 Гц...15 кГц (норм.) 20 Гц...15 кГц (CrO_2) 20 Гц...16 кГц (Ме)	— — 66 (D-B)	2	3-(МХ+феррит)	60 мВ/47 кОм	400 мВ/3,2 кОм 30 мВ/8 Ом 600 Ом	18	43×12××22,8	3,8	Двухкассетник
RS-X990	±0,07 (WRMS)	30 Гц...16 кГц (норм.) 30 Гц...17 кГц (CrO_2) 30 Гц...18 кГц (Ме)	(CCIP) 74 (D-B) 66 (D-C)		3-пермалой, феррит				36×12,8××28,5	4,6	Двухкассетник
RS-X950	±0,08 (WRMS)	30 Гц...16 кГц (норм.) 30 Гц...17 кГц (CrO_2) 30 Гц...18 кГц (Ме)	74 (D-C) 66 (D-B) 56 без (CCIR)		3-пермалой, феррит				36×12,8××28,5	4,4	Двухкассетник

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Аппараты фирмы «СОНИ»										
TC-K700E	0,04 (DIN)	20 Гц...20 кГц (Me)	73 (D-C) 60 (безD)		3	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	30	43×12,5× ×35	8,4	Прямой привод кварц. стабилизация
TC-RX80E	±0,14 (DIN)	30 Гц...20 кГц (Me)	72 (D-C) 59 (безD)		2	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	24	43×11,8× ×31,5	5,1	Автореверс Долби HXPRO Анализатор спектра
TC-RX50	±0,04 (DIN)	30 Гц...18 кГц (Me)	71 (D-C) 58 (безD)		2	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	15	43×11,8× ×25,5	3,8	Автореверс
TC-FX100	±0,2 (DIN)	30 Гц...15 кГц (Me)	71 (D-C) 58 (безD)		2	77 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	10	43×11,8× ×25	3,5	
	Аппараты фирмы «Джи-Ви-Си»										
DDV9	0,06 (DIN)	норм. 25 Гц...17 кГц± ±3дБ CrO_2 25 Гц...18 кГц± ±3дБ Me 25 Гц...18 кГц± ±3 дБ	NR DB D-C-60дБ	3	3 2-SA 1-феррит				43,5×11,0× ×28,2	6,8	Автореверс Прямой привод $КГ_3$= =0,4 % (Me)
DDV7	0,08 (DIN)	норм.:30 Гц...16 кГц± ±3 дБ CrO_2:30 Гц...17 кГц± ±3 дБ Me:30 Гц...17 кГц± ±3 дБ	NR D-B D-C58	3	3 2-SA 1-феррит				43,5×11,0× ×28,2	5,8	Автореверс обзор программы $КГ_3$= =0,5 % (Me)
DDV99	0,055 (DIN)	норм.:25 Гц...17 кГц± ±3дБ CrO_2:25 Гц...18 кГц± ±3дБ Me:25 Гц...18 кГц± ±3дБ	NR D-B D-C60	3	3 2-X-CuSA 1-SA				43,5×110× ×32,3	7,7	Прямой привод с кварц. стабилизац. $КГ_3$= =0,4 % (Me)

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DDV77	0,06 (DIN)	норм.:30 Гц...17 кГц ± ±3 дБ CrO_2:30 Гц...18 кГц ± ±3 дБ Me:30 Гц...18 кГц ± ±3 дБ	NR D-B D-C60	2	3 2-SE 1-феррит				43,5× ×11,0× ×27,6	6,3	Прямой привод, обзор программы $КГ_3$= =0,4 % (Me)
DD66	0,06 (DIN)	норм.:30 Гц...17 кГц ± ±3 дБ CrO_2:30 Гц...18 кГц ± ±3 дБ Me:30 Гц...18 кГц ± ±3 дБ	NR D-B D-C60	2	2-SE 1-феррит				43,5× ×11,0× ×27,6	6,1	$КГ_3$= =0,4 % (Me) прямой привод
KD-D55	0,16 (DIN)	норм.:30 Гц...15 кГц ± ±3 дБ CrO_2:30 Гц...16 кГц ± ± 3 дБ Me:30 Гц...16 кГц ± ±3 дБ	NR D-B D-C58	2	3 2-Me 1-феррит				43,5× ×10,9× ×28,0	5,5	$КГ_3$= =0,5 % (Me)
KD-V44	0,16 (DIN)	норм.:30 Гц...15 кГц ± ±3 дБ CrO_2:30 Гц...16 кГц ± ±3 дБ Me:30 Гц...16 кГц ± ±3 дБ	NR D-B D-C58	2	2 1-SA 1-феррит				43,5× ×10,9× ×27,8	4,7	$КГ_3$= =0,5 % (Me) Автореверс
KD-D40	0,16 (DIN)	норм.:20 Гц...16 кГц ± ±3 дБ CrO_2:20 Гц...17 кГц ± ±3 дБ Me:20 Гц...17 кГц ± ±3 дБ	NR D-B D-C58	2	2 1-SA 1-феррит				43,5× ×116× ×26,5	6,0	$КГ_3$= =0,5 % (Me) Пятиполосный индикатор спектра сигнала
KD-V33	0,18 (DIN)	норм.:20 Гц...15 кГц ± ±3 дБ CrO_2:20 Гц...16 кГц ± ±3 дБ	NR D-B	2	2 1-Me				43,5× ×11,7× ×28,1	4,5	$КГ_3$= =0,5 % (Me) Автореверс

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Me:20 Гц...16 кГц ± ±3 дБ	D-C58		1-феррит						
KD-V30	0,16 (DIN)	норм.:30 Гц...14 кГц ± ±3 дБ	NR	2	2				43,5× ×11,6× ×26,5	6,0	$КГ_3$=0,5 %
		CrO_2:30 Гц...15 кГц ± ±3 дБ	D-B		1-Me						
		Me:30 Гц...16 кГц ± ±3 дБ	D-C58		1-феррит						
KD-V22	0,20 (DIN)	норм.:40 Гц...14 кГц ± ±3 дБ	NR	2	2				43,5× ×11,5× ×24,0	3,7	$КГ_3$=0,5 %
		CrO_2:40 Гц...15 кГц ± ±3 дБ	D-B		1-Me						
		Me:40 Гц...15 кГц ± ±3 дБ	D-C58		1-феррит						
TC-WR800	±0,2 (DIN)	30 Гц...18 кГц (Me)	71 (D-C) 58 (безD)		2	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	25	43×11,8× ×25	4,5	Автореверс
TC-WP500	±0,2 (DIN)	30 Гц...15 кГц	71 (D-C) 58 (безD)		2	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	16	43×11,8× ×25	4,0	Автореверс
TC-W300	±0,2 (DIN)	30 Гц...15 кГц	71 (D-C) 58 (безD)		2	77,5 мВ/ 47 кОм	440 мВ/ 47 кОм	13	43×11,8× ×25	3,5	
Аппараты фирмы «Кенвуд»											
X-7WX	0,09 (WRMS)	норм.:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ	58		2-универс.				34×11,9× ×34	5,8	Двухкассетник Автореверс Автоматическое подмагничивание
		CrO_2:30 Гц... 16 кГц ± 3 дБ	Д-B67		2-стирающ.						
		Мет:30 Гц... 16 кГц ± 3 дБ	Д-C75								
X-5WX	0,09 (WRMS)	норм.:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ	58		3				34×11,9× ×35,6	4,5	Двухкассетник Автореверс
		CrO_2:30 Гц... 16 кГц ± 3 дБ	Д-B67								

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X-3WX	0,09 (WRMS)	Мет:30 Гц... 16 кГц ± 3 дБ норм.:30 Гц... 14 кГц ± 3 дБ CrO_2:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ Мет:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ	Д-С75 57 Д-В65 Д-С72		3				34×11,9× ×35,6	4,2	Двухкассетник Автореверс
KD-V11	0,20	норм.:40 Гц... 14 кГц ± 3 дБ CrO_2:40 Гц... 14 кГц ± 3 дБ Ме:40 Гц... 14 кГц ± 3 дБ	NR D-B58	2	2 1-Ме 1-феррит				43,5× ×11,5× ×24,0	3,5	$КГ_3 = 0,5$ %
KD-W7	0,16	норм.:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ CrO_2:30 Гц... 15 кГц ± 3 дБ Ме:30 Гц... 16 кГц ± 3 дБ	NR D-B58	2	2 1-SA 1-феррит				43,5× ×13,7× ×27,3	7,0	$КГ_3 = 0,5$ %
Аппараты фирмы «Хитачи»											
D-2200M	±0,05	мет., 25 Гц...20 кГц	— д-с 75 д-в	2	3				43×5× ×28,2		2 ведущих вала
Д-Е99	±0,1	мет., 25 Гц...20 кГц	— д-с 75 д-в	2	3				43,5×11× ×28,2		То же
Д-Е7	±0,1	мет., 30 Гц...19 кГц	д-с 75 д-в	2	3				43,5×11× ×27,2		
Д-R7	±0,13	мет., 40 Гц...17 кГц	д-с 74 д-в	2	2				43,5×11× ×27,2		С автореверсом

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Д-W700	±0,13		— д-с 71 д-в	2	2				43,5×11× ×27,9		Двухкассетный с програм. управл.
Д-МД1	±0,2	мет., 30 Гц...16 кГц	— д-с 71 д-в	2	2				32,0× ×12,0× ×26,2		Двухкассетный с таймером
Д-Е3	±0,09	мет., 30 Гц...17 кГц	д-с 71 д-в						43,5×11× ×21,8		С таймером
Д-Е2	±0,17	мет., 30 Гц...16 кГц	д-с 71 д-в	1	2				43,5×11× ×21,8		—
Д-Е1	±0,17	мет., 30 Гц...16 кГц	д-в	1	2				43,5×11× ×21,8		—
	Аппараты фирмы «Сони»										
ТС-FX600	±0,14	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц	— д-с 72 д-в 66 без д 59	—	2	микр. 0,25 лин. 77	лин. 0,4	26	43×10,5× ×27,5	5,5	$K=1$ %
ТС-FX705	±0,14	норм., CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	— д-с 72 д-в 66 без д 59	2	2	микр. 0,25 лин. 77	лин. 0,4	25	43×10,5× ×27,5	5,9	$K=1$ %
ТС-FX7072	±0,14	норм., CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	д-с 72 д-в 66 без д 59	2	2	микр. 0,25	лин. 0,4	27	43×10,5× ×27,5	6,2	$K=1$ %
ТС-FX310	±0,14	норм., 30 Гц...13 кГц CrO_2, 30 Гц...16 кГц мет., 30 Гц...16 кГц	д-с 71 д-в 65 без д 58	1	2	микр. 0,25 лин. 77	лин. 0,46	13	43×10,5× ×27,5	4,2	$K=1$ %
ТС-FX5102	±0,15	норм., 30 Гц...15 кГц CrO_2, 30 Гц...17 кГц мет., 30 Гц...17 кГц	д-с 71 д-в 65 без д 58	1	2	микр. 0,25	лин. 0,4	24	43×10,5× ×27,5	4,7	$K=1$ %
ТС-К555	±0,07	норм., 20 Гц...15 кГц CrO_2, 20 Гц...17 кГц мет., 20 Гц...17 кГц	д-с 73 д-в 67 без д 60	2	3	лин. 77	лин. 0,4	30	43×10,5× ×33	6,6	$K=8$ % С кварцевой стабилизацией
						лин. 77	лин. 0,4	50	43×10,5×	6,5	$K=0,8$ %

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
									×28,5		2 ведущих вала
ТС-3666	±0,07	норм., 25 Гц...17 кГц	д-с 73	3	3						
		CrO_2, 20 Гц...19 кГц	д-в 67								
		мет., 20 Гц...19 кГц				лин. 77	лин. 0,4	50	43×10,5× ×39	10	K=0,7 %
											2 ведущих вала
ТС-K777	±0,05	норм., 16 Гц...17 кГц	д-с 74	2	3				43×10,5×		
		CrO_2, 30 Гц...15 кГц	д-с	1	2						
		мет., 15 Гц...19 кГц	без д 61			лин. 77	лин. 0,4	10	×27,5	6,6	—
ТС-X210	±0,14	норм., 30 Гц...13 кГц	—	1	2						
		CrO_2, 30 Гц...15 кГц	д-с			микр. 0,25					
		мет., 30 Гц...15 кГц	д-в 65 без д 58			микр. 0,25	лин. 0,4	10	21,5× ×10,5× ×25	2,6	—
ТС-38	±0,2	норм., 60 Гц...14 кГц	—	1	2	лин. 77					
		CrO_2, 60 Гц...15 кГц	—								
		мет., 60 Гц...16 кГц	—			лин. 77	лин. 0,4	10	35,5× ×10,5× ×24,5	3,9	K=1 %
ТС-V30	±0,2	норм., 30 Гц...14 кГц	—	1	2						
		CrO_2, 30 Гц...15 кГц	д-с 70								
		мет., 30 Гц...16 кГц	без д 58 д-в 65			лин. 77	лин. 0,4	22	35×8×28	5	K=1 % Мет. лента
ТС-V7	±0,2	норм., 30 Гц...14 кГц	—	1	2						
		CrO_2, 30 Гц...15 кГц	д-с 71								
		мет., 30 Гц...15 кГц	д-в 65 без д 58								
		Аппараты фирмы «Саисуи»									
Д-970	±0,025	норм., 20 Гц...19 кГц	д-с 81	2	3				43×11,1× ×32,4	7,1	Прямой привод с прог. управлен.
		CrO_2, 20 Гц...22 кГц	д-в 71								
		мет., 20 Гц...23 кГц	без д 61								
Д-770	±0,04	норм., 20 Гц...17 кГц	д-с 80	3	3				43×11,1× ×32,4	6,6	С прогр управл., с автореверсом
		CrO_2, 20 Гц...18 кГц	д-в 70	3	3						
Д-570	±0,03	норм., 20 Гц...17 кГц	д-с 80	2	3				43×11,1× ×32,4	6,5	Прямой привод с прогр. управлением
		CrO_2, 20 Гц...19 кГц	д-в 70	2	3						
		мет., 20 Гц...22 кГц	без д 60								
Д-370	±0,03	норм., 20 Гц...16 кГц	д-с 80	2	2				43×11,1× ×32,4	6,4	С прогр. управлением
		CrO_2, 20 Гц...18 кГц	д-в 70								
		мет., 20 Гц...22 кГц	без д 60								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Д-W9	±0,04	норм., 20 Гц...16 кГц CrO_2, 20 Гц...18 кГц мет., 20 Гц...19 кГц	д-с 78 д-в 68 без д 58	2	2				43×11,1× ×31,2	6,4	Двухкассетный
Д-99Д	±0,07	норм., 20 Гц...15 кГц CrO_2, 20 Гц...16 кГц мет., 20 Гц...16 кГц	— д-в 68 без д 58	1	2				43×11,8× ×22,3	4,0	Двухкассетный
Д-77R	±0,05	норм., 20 Гц...15 кГц CrO_2, 20 Гц...16 кГц мет., 20 Гц...16 кГц	д-в 68	2	2				43×11,8× ×22,3	4,0	—
Д-55М	±0,07	норм., 20 Гц...15 кГц CrO_2, 20 Гц...16 кГц мет., 20 Гц...16 кГц	д-в 68 без д 58	1	2				43×11,8× ×22,3	3,2	–
		Аппараты фирмы «АКАИ»									
GX-F91	±0,08	норм., 20 Гц...18 кГц CrO_2, 20 Гц...19 кГц мет., 20 Гц...21 кГц	д-с д-в без д 60	3	3	лин. 70	лин. 0,4		44×9×36	9,8	K_2=0,7 2 ведущих вала прямой привод, с кварцев. стабилиз. програм. управл.
GX-F71	±0,08	норм., 20 Гц...17 кГц CrO_2, 20 Гц...18 кГц мет., 20 Гц...21 кГц	д-с д-в без д 60	2	3	лин. 70	лин. 0,4		44×9× ×37,7	7,4	2 ведущих вала, с программн. управлением K= =0,8 % (мет. лента)
GX-F51	±0,12	норм., 20 Гц...17 кГц CrO_2, 20 Гц...18 кГц мет., 20 Гц...19 кГц	д-с д-в без 60	2 2	2 2	микр. 0,25 лин. 70	лин. 0,4		44×9× ×34,5	4,7	K_2=0,8 %
GX-R6	±0,12	норм., 20 Гц...17 кГц CrO_2, 20 Гц...18 кГц мет., 20 Гц...19 кГц	без д 60	2	2	микр. 25 лин. 70	лин. 0,4		44×10,5× ×28,8	4,7	С автореверсом K_r=0,7 % (мет.)

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GX-F31	±0,1	норм., 20 Гц...17 кГц CrO_2, 20 Гц...18 кГц мет., 20 Гц...19 кГц	д-с д-в 60	2	2	микр. 0,25 лин. 70	лин. 0,4		44×9× ×34,5	5,8	$K_г$=0,8 % (мет.)
HX-R5	±0,1	норм., 20 Гц...15 кГц CrO_2, 20 Гц...16 кГц мет., 20 Гц...17 кГц		2	2	микр. 2,5 лин. 70	лин. 0,4		44×30,5× ×30	4,0	С авторе-версом $K_г$=0,7 %

Таблица 2. **Основные технические характеристики магнитол фирмы «Шарп»**

Параметры	Модель магнитолы		
	WQ-T238HT (BK)	WQ-T352HT (BK)	WF-T380HT (BK)
Напряжение питания	~U:f=50/60 Гц, 110—120/220—240 В, =U==12В	~U:f=50/60 Гц 110—120/220—240 В==U:12 В	~U:f=50/50 Гц 110—120/220—240 В=U:12 В
Выходная мощность	(лев.+пр.+X-BASS PMPO:24 Вт (12+12) MPO:12 Вт (6+6) DIN RMS:10 Вт (5+5) DIN	(лев.+пр.+X-BASS) PMPO: 40 Вт(10+10+20 Вт) MPO: 20 Вт(5+5+10 Вт) DIN RMS: 16 Вт(4+4+8 Вт)DIN	PMPO: 24 Вт (12+12) MPO: 12 Вт (6+6) DIN RMS: 10 Вт (5+5) DIN
Диапазон принимаемых частот	УКВ:64...74 МГц КВ:5,95...18 МГц СВ:526,5...1606,5 кГц ДВ:148,5...283,5 кГц	УКВ: 64...74 МГц КВ: 5,95...18 МГц СВ: 526,5...1606,5 кГц ДВ: 148,5...283,5 кГц	УКВ: 64...74 МГц КВ: 5,95...18 МГц СВ: 526,5...1606,5 кГц ДВ: 148,5...283,5 кГц
Диапазон воспроизводимых частот	60...12000 Гц	60...12000 Гц	60...12000 Гц
Соотношение сигнал/шум	55 дБ (TAPE1 «воспроизведение») 50 дБ (TAPE2 «запись-воспроизведение»)	55 дБ (TAPE1 «воспроизведение») 50 дБ (TAPE2 «запись-воспроизведение»)	55 дБ (TAPE1 «воспроизведение») 50 дБ (TAPE2 «запись-воспроизведение»)

Продолжение табл. 2

Параметры	Модель магнитолы		
	WQ-T238HT (BK)	WQ-T352HT (BK)	WF-T380HT (BK)
Коэффициент детонации	0,2 % DIN	0,2 % DIN	0,2 % DIN
Входы, выходы и др.	Линейный вход, выход, микрофон, наушники	Линейный вход, выход, микрофон, наушники	Линейный вход, выход, внешний громкоговоритель, наушники
Акустическая система	Двухполосная, 2 громкоговорителя ∅ 12 см, 2-ВЧ	2 громкоговорителя ∅ 12 см 2-ВЧ 1-8 см...	2 громкоговорителя ∅ 12 см 2-ВЧ 2—8 см...
Размеры	534×190×175 мм	534×190×175 мм	270×205×200 мм, внешние громкоговорители 255×205×200 мм
Вес	4,0 кг	5,0 кг	3,1 кг, 1,5 внешние громкоговорители
Особенности магнитолы	Двухкассетный механизм TWIN (одна кассета за другой), X-BASS система, ускоренная перезапись, 3-полосный эквалайзер, синхронный пуск двух механизмов, автоматическая установка уровня записи	Двухкассетный механизм TWIN, 3 канала усилителя ЗЧ, X-BASS система звука, 3-полосный графический эквалайзер, 3-полосная акустическая система (5 динамиков), автостоп, автоматическая регулировка уровня записи и др.	Двухкассетный механизм TWIN, «X-BASS» система звука, 3-полосный графический эквалайзер, автостоп, автоматическая регулировка уровня записи и др.

Магнитола «Шарп-939ZP»

Основные технические характеристики

Напряжение сети переменного тока 110 В—127 В—220 В—240 В частотой 50/60 Гц.

Питание от источника постоянного тока — 15 В.

Выходная мощность: 200 Вт (100 Вт+100 Вт) по стандарту PMPO; 26 Вт (13 Вт+13 Вт) при нелинейных искажениях 10 % стандарт DIN

Входное сопротивление:

с микрофонного входа . . . . 600 Ом
с линейного входа звукоснимателя . . . . 50 кОм
с гнезд телефонов . . . . 8...32 Ом
с линейного выхода . . . . 0,6 В/50 кОм

Размеры 680×250×180 мм

Вес 9,3 кг

Диапазон рабочих частот кассетного магнитофона (двухкассетник)
30 Гц...15 кГц (нормальная лента)
30 Гц...16 кГц (лента CrO_2)
30 Гц...17 кГц (лента металлическая)

Соотношение сигнал/шум
55 дБ (кассетник 1 режим «воспроизведение»)
50 дБ (кассетник 2 режим «запись-воспроизведение»)

Радиоприемник

Диапазоны принимаемых частот:
СВ: 526,5...1606,5 кГц
КВ1: 2,3...7,3 МГц
КВ2: 7,3...22 МГц
УКВ: 64...74 МГц

Основные технические характеристики кассетной деки «*Alpage*» *AL*-300»

Скорость движения ленты	4,76 м/с±1,5 %
Коэффициент детонации	0,06 % (WRMS)
	0,19 % (DIN)
Время перемотки кассеты С-60	75 с
Диапазон рабочих частот	норм. 30 Гц...17 кГц;
	CrO_2, Me:30 Гц...19 кГц

3 головки (сквозной канал), головка комбинированная (запись — воспроизведение из феррита, стирающая головка — феррит).

Отношение сигнал/шум — 56 дБ (DOL BY-NP) 64 дБ (DOL BY-B)

Коэффициент гармоники	2 % (Me)	
Чувствительность входов:	микрофонного	3 мВ
	линейного	300 мВ
Напряжение выходов:	линейного	1000 мВ
	на наушниках	100 мВ
Сопротивление линейного выхода		100 кОм
	на наушниках	8 Ом
Размеры	435×116×30 мм	
Вес	8,7 кг	

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ АППАРАТЫ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Музыкальный мини-центр FUJI FC8000

Содержит противоугонное устройство, стереофонический усилитель ЗЧ 2×30 Вт; 5-полосный эквалайзер; кассетный проигрыватель на типы лент Fe_2O_3 и CRO_2, перемотку ленты в обе стороны; тюнер на диапазонах ДВ, СВ и УКВ-стерео.

Музыкальный мини-центр FUJI FC7000

Содержит блок усилителя 2×30 Вт; 5-полосный эквалайзер; кассетный проигрыватель с автореверсом; перемотку ленты в обе стороны, переключатель типа лент (Fe_2O_3, CrO_2, Me); тюнер ДВ, СВ и УКВ-стерео.

Музыкальный центр PM610

Содержит тюнер УКВ-стерео на 3 станции фиксированной настройки (чувствительность 1,7 мкВ, избирательность 65 дБ); кассетный проигрыватель с автореверсом, системой шумопонижения «Долби», перемоткой ленты в обе стороны; предварительный усилитель с контролем уровня сигнала по индикаторам, регуляторы тембра ВЧ и НЧ, тонкомпенсация; усилитель мощности 2×10 Вт, тыловые усилители и 2×20 Вт основные (искажения 0,07 %, полоса рабочих частот 20...40 000 Гц, отношение сигнал/шум 82 дБ).

Магнитола «PANASONIC» CQ973EG

Содержит кассетный проигрыватель с автореверсом, системой шумопонижения «Долби», переключатель типа лент (Fe_2O_3, CrO_2, Me), перемотку ленты в обе стороны, имеется светодиодная индикация режимов, радио, мощности и др.; радиоприемник на 15 станций предварительной настройки на трех диапазонах ДВ, СВ и УКВ-стерео с регулировкой тембра ВЧ и НЧ, тонкомпенсацией, индикацией выходной мощности, отдельным блоком усилителя мощности B50 или B100. Усилитель мощности B50÷2×25 Вт, диапазон частот 20 Гц...20 кГц, нелинейные искажения 0,08 %, отношение сигнал/шум 80 дБ, $R_н$=4...8 Ом. Усилитель мощности B100—4×25 Вт, диапазон частот 20 Гц...40 кГц, искажения 0,08 %, отношение сигнал/шум 80 дБ, $R_н$=4...8 Ом.

Магнитола CQ863EC

Содержит тюнер на диапазонах ДВ, СВ, УКВ-стерео, с индикацией времени и частотой настройки; кассетный проигрыватель с перемоткой ленты в обе стороны; усилитель ЗЧ 2×6 Вт.

Магнитола «Шарп RG5900»

Имеет радиоприемник на диапазонах ДВ, СВ, УКВ-стерео с 15 предварительно настроенными станциями, индикацией частоты и текущего времени; кассетный проигрыватель с автореверсом и перемоткой ленты в обе стороны выходной мощностью 2×8 Вт.

Магнитофон LX900 содержит усилитель мощностью 2×25 Вт, 5-полосный эквалайзер со светодиодной индикацией уровня сигнала в каждой полосе и др.

Музыкальный центр «POADSTAP»

Состоит из тюнера PS-1640, работающего в диапазонах ДВ, СВ и УКВ (моно и стерео, АПЧ), чувствительность на УКВ — 1,5 мкВ, СВ — 30 мкВ, ДВ — 60 мкВ.

Кассетный проигрыватель RS1550 с системой шумопонижения «Долби», возможностью использования лент FE и Cr, имеет автореверс, диапазон рабочих частот 20 Гц÷22 000 Гц, коэффициент детонации >0,3 %, отношение сигнал/шум >50 дБ.

Усилитель мощности 2×30 Вт, 30 Гц...4000 Гц, соотношение сигнал/шум >70 дБ, $R_н$=4—8 Ом. Питание 12В.

Двухполосная акустическая система RS-932X. Максимальная мощность 30 Вт, $R_н$=4 Ом.

«NEW COMPO» музыкальный мини-центр

AT-372 — тюнер ЧМ-стерео, автоматическая настройка на станцию. Чувствительность 2 мкВ, соотношение сигнал/шум 30 дБ, имеется диапазон ДВ (63—160 кГц).

PA-150 – четырехканальный усилитель мощности 4×20 Вт, полоса частот 20 Гц—40 кГц.

CA-200 — эквалайзер пятиполосный ±12 дБ на частотах: 60 Гц, 250 Гц, 1 кГц, 3,5 кГц, 15 кГц.

SP-711 — кассетный проигрыватель с автореверсом, имеет систему шумопонижения «Долби». Коэффициент детонации <0,2 % (WRMS), соотношение сигнал/шум >58 дБ с «Долби».

SSB-8B5 — двухполосные акустические системы — 20 Вт (2 шт.).

SSB-8611 — громкоговоритель — 20 Вт (2 шт.) дополнительный.

Магнитола «MUSTANG» модель NO GRF-280B

Автореверс AM/FM

Кассетный проигрыватель

Скорость 4,75 см/с+3 %−2 %

Коэффициент детонации 0,3 % (WRMS)

Соотношение сигнал/шум 40 дБ

FM тюнер

Диапазон принимаемых частот 88...108 МГц

Промежуточная частота 10,7 МГц

Чувствительность 5 мкВ при соотношении сигнал/шум 30 дБ

Избирательность 50 дБ

AM тюнер

Диапазон принимаемых частот 525...1605 кГц

Промежуточная частота 455 кГц

Чувствительность 30 мкВ при соотношении сигнал/шум 20 дБ

Избирательность 60 дБ

Усилитель

Размеры 178×44×124 мм

Выходная мощность (при 10 % Кг) — 4,5 Вт на канал

Диапазон рабочих частот 50 Гц...10 000 Гц

Напряжение питания +11...16 В постоянного напряжения с минусом на корпусе

Автомобильные усилители

Усилитель-эквалайзер DEL COM DBE 308

Выходная мощность 2×25 Вт, 7 полос эквалайзер, светодиодная индикация уровня сигнала

Усилитель-эквалайзер DEL COM DBE 206

Выходная мощность 2×25 Вт, 5 полос эквалайзер, индикаторы уровня сигнала на светодиодах

Усилитель-эквалайзер FUJI FC 960

Выходная мощность 2×60 Вт, 9 полос эквалайзер, электронная защита от короткого замыкания

Усилитель-эквалайзер FUJI MA1000

Выходная мощность 2×30 Вт, 10 полос эквалайзер

Усилитель-эквалайзер FUJIX1000

Выходная мощность 2×25 Вт, 10 полос эквалайзер

Усилитель-эквалайзер FUJI X1000VL

Выходная мощность 2×25 Вт, 10 полос эквалайзер, диапазон рабочих частот 20 Гц...20 кГц, нелинейные искажения 0,5 %

Громкоговорители фирмы FUJI -NI -FI

CX-106: выходная мощность $P_{max}=20$ Вт, $R_н=4$ Ом, ΔF — диапазон рабочих частот 50...16 000 Гц.

CX-107: сдвоенный громкоговоритель диаметром 102 мм, $P_{max}=20$ Вт, $R_н==4$ Ом, ΔF: 50...20 000 Гц.

CX121: $P_{max}=20$ Вт, $R_н=4$ Ом, ΔF: 80...16 000 Гц.

CX160: сдвоенный громкоговоритель, $P_{max}=20$ Вт, $R_н=4$ Ом, ΔF: 40...20 000 Гц.

CX167: сдвоенный громкоговоритель, 2-полосный, металлический диффузор, $P_{max}=20$ Вт, ΔF: 30...20 000 Гц, $R_н=4$ Ом.

CX168: трехполосная акустическая система, $P_{max}=30$ Вт, $R_н=4$ Ом, ΔF: 35...25 000 Гц.

ACR1500: двухполосная АС, корпус из алюминия, $P_{max}=40$ Вт, $R_н=4$ Ом, $\Delta F=55...18\,000$ Гц.

FC2100: трехполосная АС с раздельно установленными громкоговорителями в общем корпусе $P_{max}=40$ Вт, $R_н=4$ Ом.

FC175: трехполосная АС, $P_{max}=50$ Вт, $R_н=4$ Ом.

FC2600: трехполосная АС, $P_{max}=60$ Вт, $R_н=4$ Ом.

FJ 693: трехполосная АС, $P_{max}=100$Вт, $R_н=4$ Ом.

FC100: трехполосная АС, $P_{max}=100$ Вт, $R_н=4$ Ом.

FC80R: трехполосная АС, $P_{max}=50$ Вт, $R_н=8$ Ом.

Акустические системы для автомобильных магнитол фирмы «GRUNDIG»

L/U2002—HiFi — двухполосная АС из двух раздельных громкоговорителей. Музыкальная мощность 100 Вт. Диапазон рабочих частот 25...26 000 Гц.

L/U 2001—HiFi — двухполосная АС, сдвоенные головки громкоговорителей. Музыкальная мощность 80 Вт. Диапазон рабочих частот 45...22 000 Гц.

L/U 100—HiFi — двухполосная АС. Музыкальная мощность 50 Вт. Диапазон рабочих частот 50...20 000 Гц.

L/U 32 — двухполосная АС. Музыкальная мощность 50 Вт. Диапазон рабочих частот 60...20 000 Гц.

L/U 33 a — трехполосная АС. Музыкальная мощность 50 Вт. Диапазон рабочих частот 60...22 000 Гц.

L/U 26 c — громкоговоритель один. Музыкальная мощность 50 Вт. Диапазон рабочих частот 50...18 000 Гц.

L/U 24 в — громкоговоритель один. Музыкальная мощность 40 Вт. Диапазон рабочих частот 60...20 000 Гц.

Автомобильные усилители мощности фирмы «GRUNDIG»

PA200 HiFi — выходная мощность 4×50 Вт (DIN).
Сопротивление громкоговорителей 4 Ом.
Коэффициент гармоник ≤0,1 %.
Диапазон рабочих частот 20...20 000 Гц.
Возможно подключение четырех громкоговорителей. Напряжение питания 10,8...16 В. Вес 4 кг. Размеры 270×55×190 мм.

PA85HiFi — выходная мощность 4×22 Вт (DIN).
Сопротивление громкоговорителей 4 Ом.
Коэффициент гармоник ≤0,5 %. Возможно подключение 4 громкоговорителей. Вес 1,3 кг. Размеры 176×57×175 мм.

Автомобильная аппаратура фирмы «GRUNDIG»

Основные параметры	Марка аппарата										
	WKC 4870-RDS	WKC 3860-VD	WKC 2845-VD	WKC 2841-VD	WKC 2802 VD	WKC 2641 VD	WKC 2640-VD	WKC 2039-VD	WKC 1802-VD	WK 2820-VD	WK 180-VD
Тюнер. Диапазоны	УКВ, КВ, СВ ДВ	УКВ, СВ, ДВ	УКВ, СВ	УКВ, СВ	УКВ, СВ	УКВ, СВ	УКВ, СВ	УКВ, СВ	УКВ	УКВ, СВ	УКВ
УКВ-стерео	+Р	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—
Наличие мини-дисплея, индикации частоты и др.	+	+	+	+	+	+	+	—	+	+	+
Магнитофон: стереопроигрыватель	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
система шумопонижения	Долби В+С	Д-В	Д-В	—	—	—	—	—	—	—	—
автореверс	+	+	+	+	—	+	+	—	—	—	—
переключатель типа ленты Cr/Me	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
коэффициент детонации, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	—	—
Диапазон воспроизводимых частот, Гц	25... 18 000	25... 18 000	30... 17 000	30... 18 000	30... 16 000	30... 17 000	30... 17 000	30... 16 000	40... 16 000	—	—
Относительный уровень шумов, дБ, не более	70	68	68	55	55	55	55	55	55	—	—
Усилитель: наличие тонкомпенсации	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
максимальная мощность, Вт	4×40	4×12	4×12	4×12	4×10	4×10	4×10	2×16	2×16	4×10	1,6
номинальная мощность, DIN	4×20	4×6	4×6	4×6	4×5	4×5	4×5	2×8	2×8	4×5	8,0
регуляторы тембра	НЧ, ВЧ	НЧ, ВЧ	НЧ, ВЧ	НЧ, ВЧ	+	НЧ, ВЧ	+	+	+	+	+

ПАРАМЕТРЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Таблица 1. **Основные параметры транзисторов малой мощности низкочастотных**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП9А	МП10	МП10А	МП10Б	МП11	МП11А	МП13
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	20/25	20/15	30/30	30/30	20/15	20/15	15/5
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	30/15	30/15	30/30	30/30	30/15	30/15	30/15
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	—	—	30
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	15...45	15...30	15...30	25...50	25...50	45...100	$\geqslant 12$
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	$4 \cdot 10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2,5	2,5	2,5	2,5	3,3	3,3	3,3
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	1	1	1	1	2	2	0,5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	60	60	60	60	60	60	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	10		—	—		—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	15	15	30	30	15	15	15
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	25	25	30	30	25	25	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	20	20	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	150	150	150	150	150	150	150
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Тип перехода, материал			$n-p-n$, германий				$n-p-n$, германий		$p-n-p$, германий
Основное назначение			Для усилителей и генераторов низкой и промежуточной частот				Для усилителей и генераторов в диапазоне частот до 2 МГц		

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП13Б	МП14	МП14А	МП14Б	МП15	МП15А	МП16
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	15/5	15/5	15/5	15/5	15/5	15/5	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	30/15	30/15	30/30	30/30	30/15	30/15	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	1
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	10
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	30	30	30	30	30	30	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...60	20...40	20...40	30...60	30...60	50...100	25...30
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	0,5	1,0	1	1	2	2	1
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	12	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	15	15	30	30	15	15	—
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	15	15	30	30	15	15	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	20	20	20	50
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	150	150	150	150	150	150	300
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	200
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	R_T	°С/мВт	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий						
Основное назначение			Для усилителей и генераторов в диапазоне частот до 2 МГц						Для устройств переключения

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП16А	МП16Б	МП20А	МП20Б	МП21В	МП21Г	МП21Д
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	–		50/50	50/30	50/40	50/60	50/50
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	–	—	50/30	50/30	50/40	50/60	50/50
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1	1	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	10	10	5	5	5	5	5
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	20	20	20	20	20
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...50	45...100	50...150	80...200	20...100	20...80	60...200
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	-	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	1	2	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	30	30	30	30	30
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	-	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В		—	30	30	40	60	50
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	15	15	20	20	30	35	30
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	50	50	50	50	50	50	50
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	300	300	300	300	300	300	300
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	200	200	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий		$p-n-p$, германий				
Основное назначение			Для устройств переключения		Для усилителей, генераторов и устройств переключения				

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП21Е	МП25	МП25А	МП25Б	МП26	МП26А	МП26Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	50/70	75/40	75/40	75/40	60/35	60/35	60/35
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	50/70	75/40	75/40	75/40	75/40	75/40	75/40
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	20	20	20	20	20	20
ток коллектора	$I_К$	мА	5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	25	25	25	25	25	25	25
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...150	13...25	20...40	30...80	13...25	20...40	30...80
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	30	70	70	70	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	70	40	40	40	70	70	70
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	35	40	40	40	70	70	70
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	50	50	50	50	50	50	50
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	300	300	400	400	300	400	400
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	200	200	200	200	200	200
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+60	+60	+60	+60	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,33	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий						
Основное назначение			Для усилителей, генераторов и устройств переключения						

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП27	МП27А	МП28	МП35	МП36А	МП37	МП37А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	3/5	3/5	3/5		—	-	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	—	—	—	15/5	15/5	15/5	15/5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	50	50	50	26	26	26	26
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...100	20...170	20...200	10...125	15...45	15...30	15...30
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	-	—	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2	1	1	3,3	3,3	3,3	3,3
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	1,0	1,0	5	0,5	1	1	1
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	10	5	5	—	12	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор—база	$U_{КБ\,max}$	В	5	5	5	15	15	15	30
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	5	5	5	15	15	15	30
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	6	6	6	20	20	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	150	150	150	150
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	30	30	30	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+60	+60	+60	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий			$n-p-n$, германий			
Основное назначение			Для малошумящих усилителей			Для аппаратуры связи широкого применения			

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП37Б	МП38	МП38А	МП39	МП39Б	МП40	МП40А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	—	—	—	15/5	15/5	15/5	15/5
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	15/5	15/5	15/5	30/5	30/5	30/5	30/5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	26	26	26	25	25	25	25
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	25...50	25...55	45...100	$\geqslant 12$	20...60	20...40	20...40
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	1	2	2	0,5	0,5	1,0	1,0
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	60	60	60	60
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—		—	—	—	—
Коэффициент шума	$К_ш$	дБ	—	—		12	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	30	15	15	10	10	10	30
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	30	15	15	15	15	15	30
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	40	40	40	40
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	150	150	150	150	150	150	150
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+60	+60	+60	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−40	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Тип перехода, материал			$n-p-n$, германий			$p-n-p$, германий			
Основное назначение			Для аппаратуры связи широкого применения			Для радиовещательных приемников и устройств переключения			

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП41	МП41А	МП42	МП42А	МП42Б	МП101	МП101А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	15/5	15/5	—	—	—	50/10	50/5
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	30/5	30/5	—	—	—	3/20	3/10
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	1	1	1	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	10	10	10	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	25	25	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...60	50...100	20...35	30...50	45...100	10...25	10...30
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	—	—	—	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	3,3	3,3	—	—	—	2	2
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	1	1	1	1	2	0,5	0,5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	60	60	—	—	—	150	150
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	15
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	15	15	15	20	10
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	10	10	15	15	15	20	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	40	40	—	—	—	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	150	150	150	150	150	100	100
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	200	200	200	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+70	+70	+70	+120	+120
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий		$p-n-p$, германий			$n-p-n$, германий	
Основное назначение			Для радиовещательных приемников и устройств переключения		Для устройств переключения			Для усилителей и генераторов низкой частоты	

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП101Б	МП102	МП103	МП103А	МП104	МП105	МП106
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	50/10	50/5	50/5	50/5	400/30	400/15	400/10
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	3/20	3/10	3/10	3/10	200/10	200/10	200/5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	300	300	300
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	15...45	15...45	15...45	30...75	$\geqslant 9$	9...45	15...100
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2	2	2	2	—	—	—
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	0,5	0,5	1	1	0,1	0,1	0,5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	150	150	150	150	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	20	10	10	10	60	30	15
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	20	10	10	10	60	30	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	20	10	10	10
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	100	100	100	100	50	50	50
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°C	+120	+120	+120	+120	+120	+120	+120
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°C	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°C/мВт	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний				$p-n-p$, кремний		
Основное назначение			Для усилителей и генераторов низкой частоты				Для усилителей и генераторов низкой частоты		

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			КТ104А	КТ104Б	КТ104В	КТ104Г	ГТ108А	ГТ108Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	1/30	1/15	1/15	1/30	10/5	10/5
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	1/10	1/10	1/10	1/10	15/5	15/5
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	120	120	120	120	15	15
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	9...36	20...80	40...160	15...60	20...50	35...80
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	3,3	3,3
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	5	5	5	5	0,5	1
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	3	3	3	3	5000	5000
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	30	15	15	30	10	10
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	30	15	15	30	10	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	50	50	50	50	50	50
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	75	75
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний				$p-n-p$, германий	
Основное назначение			Для усилителей и генераторов низкой частоты				Для усилителей и генераторов в малогабаритных радиовещательных приемниках	

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			ГТ108В	ГТ108Г	ГТ109А	ГТ109Б	ГТ109В	ГТ109Г	ГТ109Д
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	10/5	10/5	5/5	5/5	5/5	5/5	2/1,2
Обратный ток эмиттера при $U_{КЭ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	15/5	15/5	5/5	5/5	5/5	5/5	3/1,2
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	15	15	27	27	27	27	27
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	60...130	110...250	20...50	35...80	60...130	110...250	20...70
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	$0{,}5\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$	$0{,}5\cdot10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	1	1	1	1	1	1	3
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	30	30	30	30	40
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	10	10	10	10	10
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	10	10	6	6	6	6	6
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	50	50	20	20	20	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	75	75	30	30	30	30	30
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+55	+55	+55	+55	+55	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—40	—40	—30	—30	—30	—30	—30
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,8	0,8	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий		$p-n-p$, германий				
Основное назначение			Для усилителей и генераторов сигналов в малогабаритных радиовещательных приемниках		Для усилителей и генераторов сигналов в малогабаритных радиовещательных приемниках; ГТ109Д — в медицинской аппаратуре				

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			ГТ109Е	ГТ109Ж	ГТ109И	МП111	МП111А	МП111Б	МП112
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	2/1,2	1/1,5	5/5	3/10	3/10	3/10	3/10
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	3/1,2	5/1,5	5/5	3/20	3/20	3/20	3/20
Режим измерения *h*-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	27	27	27	40	40	40	40
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	50...100	≥ 100	20...80	10...25	10...30	15...45	15...45
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$0,5\cdot10^{-3}$	$0,5\cdot10^{-3}$	$0,5\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$	$3\cdot10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	3,3	3,3	3,3	2	2	2	2
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	5	5	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	40	30	30	150	150	150	150
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	5000	5000	5000	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	12	—	18	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	10	20	10	20	10
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	6	6	6	20	10	20	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	20	20	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	100	100	100	100
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	30	30	30	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+55	+55	+55	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−30	−30	−30	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	0,8	0,8	0,8	0,8
Тип перехода, материал			*p—n—p*, германий			*n—p—n*, кремний			
Основное назначение			Для малогабаритных радиовещательных приемников; ГТ109Е — в медицинской аппаратуре; ГТ109Ж — для часовых механизмов			Для малотоковых устройств переключения, модуляторов, усилителей и генераторов низкой частоты			

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			МП113	МП113А	МП114	МП115	МП116	ГТ115А	ГТ115Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	3/10	3/10	10/30	10/15	10/10	40/20	40/30
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	3/20	3/20	10/10	10/10	10/10	40/20	40/20
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	1	1
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	25	25
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	40	40	35	35	35	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	15...45	30...75	$\geqslant 9$	9...45	15...100	20...80	20...80
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2	2	3,3	3,3	2	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h_{21б}}$	МГц	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	1	1
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	150	150	80	80	30	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	60	30	15	20	30
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	—	—	60	30	15	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	10	10	10	30	30
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	100	100	50	50	50	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	50	50
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°C	+100	+100	+100	+100	+100	+45	+45
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°C	−60	−60	−60	−60	−60	−20	−20
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°C/мВт	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний		$p-n-p$, кремний			$p-n-p$, германий	
Основное назначение			Для малотоковых устройств переключения, модуляторов, усилителей и генераторов низкой частоты		Для усилителей и генераторов низкой частоты			Для усилителей и генераторов низкой частоты	

Продолжение табл. 1

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			ГТ115В	ГТ115Г	ГТ115Д	1Т116А	1Т116Б	1Т116В	1Т116Г
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	40/20	40/30	40/20	—	—	—	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	40/20	40/20	40/20	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1	1	1	1	1	1	1
ток коллектора	$I_К$	мА	25	25	25	100	100	100	100
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	30...100	30...100	30...100	30...100
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	60...150	60...150	125...250	15...65	30...100	30...100	15...65
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	1	1	1	—	1	1	1
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	—	—	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	20	30	20	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор- эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	—	—	—	15	15	15	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	30	30	30	50	50	50	50
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	300	300	300	300
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	50	50	50	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+45	+45	+45	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−20	−20	−20	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	R_T	°С/мВ	0,8	0,8	0,8	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий			$p-n-p$, германий			
Основное назначение			Для усилителей и генераторов низкой частоты			Для переключающих и импульсных устройств			

Таблица 2. **Основные параметры транзисторов малой мощности среднечастотных**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			П29	П29А	П30	П307	П307А	П307Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	4/12	4/12	4/12	20/80	20/80	20/80
Обратный ток эмиттера при $U_{КЭ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	4/12	4/12	4/12	10/3	10/3	10/3
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	0,5	0,5	0,5	20	20	20
ток коллектора	$I_К$	мА	20	20	20	10	10	10
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	70	70	70
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...50	40...100	80...180	16...50	30...90	50...150
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	0,5	5	10	20	20	20
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	20	20	20	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	6000	6000	6000	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	12	12	12	80	80	80
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	10	10	10	80	80	80
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	—	—	—	30	30	30
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	100	100	100	120	120	120
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	30	30	30	250	250	250
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+60	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	R_T	°С/мВт	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий			$n-p-n$, кремний		
Основное назначение			Для модуляторов, импульсных и переключающих устройств			Для широкополосных и высоковольтных усилителей		

Продолжение табл. 2

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			П307В	П307Г	П308	П309	КТ201А	КТ201Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	20/60	20/80	20/120	20/120	1/20	1/20
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	50/60	10/3	50/120	50/120	3/20	3/20
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	20	20	20	20	1	1
ток коллектора	$I_К$	мА	10	10	10	10	5	5
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	70	70	70	70	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	50...150	16...50	30...90	16...50	20...60	30...90
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	2	2
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	20	20	20	20	10**	10**
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	—	—	20	20
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	60	80	120	120	20	20
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	60	80	120	120	20	20
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	30	30	30	30	20	20
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	120	120	120	120	100	100
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	250	250	250	250	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−40	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний				$n-p-n$, кремний	
Основное назначение			Для широкополосных и высоковольтных усилителей				Для усилителей в диапазоне частот до 10 МГц	

Продолжение табл. 2

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			КТ201В	КТ201Г	КТ201Д	КТ203А	КТ203Б	КТ203В
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	1/10	1/10	1/10	1/60	1/30	1/15
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	3/10	3/10	3/10	1/30	1/15	1/10
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	1	1	1	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	5	5	5	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	300	300	300
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...90	70...210	30...90	$\geqslant 9$	30...100	30...200
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	2	2	2	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h_{21б}}$	МГц	10	10	10	5	5	5
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	20	20	20	10	10	10
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	15	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	10	60	30	15
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	10	10	10	60	30	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	20	20	20	10	10	10
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	100	100	100	50	50	50
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний			$p-n-p$, кремний		
Основное назначение			Для усилителей в диапазоне частот до 10 МГц			Для усилителей и генераторов низкой и промежуточной частот		

Продолжение табл. 2

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ208А	КТ208Б	КТ208В	КТ208Г	КТ208Д	КТ208Е	КТ208Ж
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ток коллектора	$I_К$	мА	30	30	30	30	30	30	30
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...60	40...120	80...240	20...60	40...120	80...240	20...60
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	15	15	15	30	30	30	45
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	15	15	15	30	30	30	45
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	300	300	300	300	300	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	500	500	500	500	500	500	500
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	200	200	200	200	200	200	200
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+150	+150	+150	+150	+150	+150	+150
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний						

Продолжение табл. 2

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ208И	КТ208К	КТ208Л	КТ208М	КТ209А	КТ209Б	КТ209В
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	$\leqslant 0,1$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	—	—	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	$\leqslant 1,0$	—	—	—
Режим измерения h — параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ток коллектора	$I_К$	мА	30	30	30	30	30	30	30
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом		—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	40...120	80...240	20...60	40...120	20...60	40...120	80...240
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	МГц	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	$\geqslant 5,0$	5,0	5,0	5,0
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	45	45	60	60	15	15	15
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	45	45	60	60	15	15	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	300	300	300	300	300	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	500	500	500	500	500	500	500
Рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	200	200	200	200	200	200	200
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+150	+150	+150	+150	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−45	−45	−45
Тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний						

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ209Г	КТ209Д	КТ209Е	КТ209Ж	КТ209И	КТ209К	КТ209Л	КТ209М
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	—	—	—	—	—	—	—	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	—	—	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ток коллектора	$I_К$	мА	30	30	30	30	30	30	30	30
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$		20...60	40...120	80...240	20...60	40...120	80...160	20...60	40...120
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h_{21б}}$	МГц	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	30	30	30	45	45	45	60	60
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	30	30	30	45	45	45	60	60
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	300	300	300	300	300	300	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	500	500	500	500	500	500	500	500
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	200	200	200	200	200	200	200	200
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—45	—45	—45	—45	—45	—45	—45	—45
Тепловое сопротивление транзистора	R_T	°С/мВт		—						
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний							

Таблица 3. **Основные параметры маломощных высокочастотных транзисторов**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ312А	КТ312Б	КТ312В	ГТ313А	ГТ313Б	КТ315А	КТ315Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	10/15	10/30	10/15	3/12	3/12	1/10	1/10
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	10/4	10/4	10/4	10/0,25	10/0,25	30/5	30/5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	2	2	2	5	5	10	10
ток коллектора	$I_К$	мА	20	20	20	5	5	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	30	30	40	40
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	10...100	25...100	50...280	20...250	20...250	20...90	50...350
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	5	5	0,3	0,3
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	80	120	120	300	450	250	250
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	5	5	5	2,5	2	7	7
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	500	500	500	75	75	300	500
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	7	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	15	30	15	15	15	—	—
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	15	30	15	15	15	20	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	30	30	30	10	10	100	100
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	225	225	225	100	100	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+55	+55	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−40	−40	−55	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	0,67	0,67
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний			$p-n-p$, германий		$n-p-n$, кремний	
Основное назначение			Для видеоусилителей телевизионных приемников и устройств вычислительной техники			Для усилителей, гетеродинов и преобразователей в телевизионных и радиовещательных приемниках			

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ315В	КТ315Г	КТ315Д	КТ315Е	КТ316А	КТ316Б	КТ316В
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	1/10	1/10	1/10	1/10	0,5/10	0,5/10	0,5/10
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	30/5	30/5	30/5	30/5	1/4	1/4	1/4
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	10	10	1	1	1
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	10	10	10
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	40	40	40	40	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...90	50...350	20...90	50...350	20...60	40...120	40...120
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	0,3	0,3	0,3	0,3	—	—	—
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	250	250	250	250	600	800	800
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	7	7	7	7	3	3	3
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	500	500	1000	1000	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	—	—	—	—	10	10	10
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	30	25	40	35	10	10	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	100	100	100	100	30	30	30
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	—	50	50	50
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	150
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+125	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−55	−55	−55	−55	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,67	0,67	0,67	0,67	—	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний				$n-p-n$, кремний		
Основное назначение			Для усилителей, гетеродинов и преобразователей частоты в телевизионных и радиовещательных приемниках				Для быстродействующих устройств переключения		

Продолжение табл. 3

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ316Г	КТ316Д	ГТ320А	ГТ320Б	ГТ320В	ГТ321А	ГТ321Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	0,5/10	0,5/10	20/20	20/20	20/20	500/60	500/60
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	1/4	1/4	100/2	100/2	100/2	—	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1	1	1	1	1	3	3
ток коллектора	$I_К$	мА	10	10	10	10	10	500	500
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	7	7	7	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...100	60...300	20...80	50...160	80...250	20...60	40...120
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	3	3	3	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h_{21б}}$	МГц	600	800	80	80	80	60	60
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	3	3	8	8	8	80	80
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	150	150	500	500	600	600	600
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—		—		—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	10	10	20	20	20	60	60
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	10	10	12	11	9	50	50
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	30	30	150	150	150	200	200
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	50	50	300	300	300	2000	2000
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	200	200	200	160	160
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+70	+70	+70	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−55	−55	−55	−55	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_т$	°С/мВт	—	—	0,225	0,225	0,225	0,25	0,25
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний		$p-n-p$, германий				
Основное назначение			Для усилителей высокой частоты		Для усилителей и генераторов высокой частоты, импульсных устройств				

Продолжение табл. 3

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			ГТ321В	ГТ321Г	ГТ321Д	ГТ321Е	ГТ322А	ГТ322Б	ГТ322В
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	500/60	500/45	500/45	500/45	4/10	4/10	4/10
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	—	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	3	3	3	3	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	мА	500	500	500	500	1	1	1
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	34	34	34
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	80...200	20...60	40...120	80—200	30...100	50...120	20...120
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	$6 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	1	1	1
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	60	60	60	60	80	80	50
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	80	80	80	80	1,8	1,8	2,5
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	600	600	600	600	50	100	200
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	4	4	4
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор – база	$U_{КБ\,max}$	В	60	45	45	45	15	15	15
постоянное напряжение коллектор – эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	50	40	40	40	10	10	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	200	200	200	200	10	10	10
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	2000	2000	2000	2000	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	160	160	160	160	50	50	50
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+60	+60	+55	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−55	−55	−55	−55	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,25	0,25	0,25	0,25	0,7	0,7	0,7
Тип перехода, материал			$p-n-p$, германий				$p-n-p$, германий		
Основное назначение			Для усилителей и генераторов высокой частоты, импульсных устройств				Для усилителей высокой и промежуточной частот в радиовещательных приемниках		

Продолжение табл. 3

Параметр	Обозначение	Единица	КТ361А	КТ361Б	КТ361В	КТ361Г	КТ361Д	КТ361Е	ГТ362А	ГТ362Б
			Тип транзистора							
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	1/25	1/20	1/40	1/35	1/40	1/35	5/5	5/5
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	—	—	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	10	10	10	10	3	3
ток коллектора	$I_К$	мА	1	1	1	1	1	1	5	5
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...90	50...350	20...90	50...350	20...90	50...350	10...200	10...250
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—	—
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h_{21б}}$	МГц	250	250	250	250	250	250	2400	2400
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	9	9	7	7	7	7	1	1
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	500	500	1000	500	250	1000	10	20
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	4,5	5,5
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	25	20	40	35	40	35	5	5
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	25	20	40	35	40	35	5	5
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	—	—	—	—	—	—	10	10
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	150	150	150	150	150	150	40	40
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—60	—60	—60	—60	—60	—60	—40	—40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	2	2
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний						$n-p-n$, германий	
Основное назначение			Для усилителей высокой частоты						Для приемно-усилительной аппаратуры сверхвысокой частоты	

Продолжение табл. 3

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ3107В	КТ3107Г	КТ3107Д	КТ3107Е	КТ3107Ж	КТ3107И	КТ3107К	КТ3107Л
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Режим измерения h-параметров			—							
напряжение коллектора	$U_К$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	мА	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	170...140	120...200	180...460	120...200	180...460	180...460	380...800	380...800
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—	—
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	200	200	200	200	200	200	200	200
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	10	10	10	4,0	4,0	10	10	4,0
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	30	30	30	25	25	50	30	25
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	25	25	25	20	20	45	25	20
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	100	100	100	100	100	100	100	100
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	200	200	200	200	200	200	200	200
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	300	300	300	300	300	300	300	300
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	—	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний							

Продолжение табл. 3

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ3102А	КТ3102Б	КТ3102В	КТ3102Г	КТ3102Д	КТ3102Е	КТ3107А	КТ3107Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,1	0,1
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	10	10	10	10	10	10	0,1	0,1
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	мА	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Входное сопротивление	$h_{11б}$	Ом	—	-	—	—	—	—	—	—
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	100...250	200...500	200...500	400...1000	200...500	400...1000	70...140	120...200
Коэффициент обратной связи	$h_{12б}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Выходная проводимость	$h_{22б}$	мкСм	—	—	—	—	—	—	—	—
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	100	100	100	100	100	100	200	200
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	-	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	10	10	10	10	4,0	4,0	10	10
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	50	50	30	20	30	50	50	50
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	50	50	30	20	30	50	45	45
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	100	100	100	100	100	100	100	100
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	200	200	200	200	200	200	200	200
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	мВт	250	250	250	250	250	250	300	300
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+85	+85	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/мВт	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний						$p-n-p$	

Таблица 4. **Основные параметры транзисторов средней мощности низкой частоты отечественного производства**

Параметр	Обозначение	Единица	П201А	П201АЭ	П202Э	П203Э	П302	П303
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	400/20	400/20	400/20	400/20	100/35	100/60
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{эб}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	400/10	400/10	400/10	400/10	1мА/35	1мА/35
Режим измерения параметров								
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	10	10	10	10	10	10
ток коллектора	$I_К$	мА	200	200	200	200	120	120
Усилительные параметры								
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	–	≥20	≥40	≥20	—	≥10...	≥6
граничная частота усиления по току	$f_{h21э}$	кГц	100	200	100	200	200	100
Предельные параметры								
напряжение коллектор — база при х. х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	45	45	70	70	35	60
напряжение коллектор – эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	30	30	55	55	35	60
Напряжение эмиттер база	$U_{ЭБ\,max}$	В			—	—	6	10
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	1,5	1,5	2,0	2,0	0,5	0,5
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	–		—	—	0,2	0,2
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	10	10	10	10	7,0	10
Тепловые параметры:								
максимальная температура перехода	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+125	+125
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°С	—55	—55	—55	—55	—55	—55
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{пк}$	°С/Вт	3,5	3,5	3,5	3,5	10	10
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{пс}$	°С/Вт	—	—	—	–	100	100
Тип проводимости			$p-n-p$,			$p-n-p$,		
Материал			кремний			германий		

Продолжение табл. 4

Параметр	Обозначение	Единица	П303А	П304	П306	П306А	ГТ403А	ГТ403Б
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	100/60	100/80	100/60	100/80	50/45	50/45
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{ЭБ}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	1мА/60	1мА/60	1мА/60	1мА/80	50/20	50/20
Режим измерения параметров								
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	10	10	10	10	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	мА	120	120	120	120	100	100
Усилительные параметры								
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	≥6	≥5	7...30	5...50	20...60	50...150
граничная частота усиления по току	$f_{h21б}$	кГц	100	50	50	50	160	400
Предельные параметры								
напряжение коллектор — база при х. х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	60	80	60	80	45	45
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	60	80	60	80	30	30
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	2,5	10	6,0	4,0	20	20
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	0,5	0,5	0,4	0,4	1,25	1,25
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	0,2	0,2	—	—	0,4	0,4
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	7,0	10	10	10	4,0	4,0
Тепловые параметры:								
максимальная температура перехода	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+85	+85
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°С	−55	−55	−55	−55	−60	−60
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{п\,к}$	°С/Вт	10	10	10	10	15	15
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{п\,с}$	°С/Вт	100	100	100	100	100	100
Тип проводимости				$p-n-p$,				
Материал				кремний				

Продолжение табл. 4

Параметр	Обозначение	Единица	ГТ403В	ГТ403Г	ГТ403Д	ГТ403Е	ГТ403Ж	ГТ403И	ГТ403Ю
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	50/60	50/60	50/60	50/60	40/80	70/80	50/45
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{ЭБ}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	50/20	50/20	50/20	50/20	70/20	70/20	90/20
Режим измерения параметров									
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	мА	100	100	100	100	100	100	100
Усилительные параметры									
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...60	50...150	50...150	⩾30	20...60	50...150	30...60
граничная частота усиления по току	$f_{h21б}$	кГц	160	300	300	240	160	400	160
Предельные параметры									
напряжение коллектор — база при х.х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	60	60	60	60	80	80	45
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	45	45	45	45	60	60	30
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	20	20	20	20	20	20	20
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0
Тепловые параметры:									
максимальная температура перехода	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+85	+85	+85
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{п.к}$	°С/Вт	15	15	15	15	15	15	15
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{п.с}$	°С/Вт	100	100	100	100	100	100	100
Тип проводимости				$p-n-p$,					
Материал				германий					

Продолжение табл. 4

Параметр	Обозначение	Единица	ГТ402А	ГТ402Б	ГТ402В	ГТ402Г	ГТ404А	ГТ404Б
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	25/10	25/10	25/10	25/10	25/10	25/10
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{ЭБ}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	-	-	—	-	25/10	25/10
Режим измерения параметров								
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ток коллектора	$I_К$	мА	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Усилительные параметры								
коэффициент передачи тока	h_{21}	-	30...80	60...150	30...80	60...150	30...80	60...150
граничная частота усиления по току	$f_{h_{21}}$	кГц	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Предельные параметры								
напряжение коллектор — база при х.х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	—	-	—	-	—	-
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	25	25	40	40	25	25
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	0,35	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А		–	—	—		—
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Постоянная мощность с теплоотводом	P^{I}_{max}	Вт	–	—	-		-	
Тепловые параметры:								
максимальная температура перехода	T_{max}	°C	+85	+85	+85	+85	+85	+85
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°C	—25	—25	—25	—25	—40	—40
Тепловое сопротивление переход корпус	$R_{т\,п-к}$	°C/Вт	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Тепловое сопротивление переход среда	$R_{т\,п-с}$	°C/Вт	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Тип проводимости				$p-n-p$,				$n-p-n$,
Материал				германий				германий

Параметр	Обозначение	Единица	ГТ404В	ГТ404Г	П601И	П601АИ	П601БИ	П602И
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	25/10	25/10	0,2/10	0,1/10	0,13/10	0,1/10
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{ЭБ}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	25/10	25/10	1,0/0,5	1,0/0,5	1,0/0,5	1,0/0,5
Режим измерения параметров								
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0
ток коллектора	$I_К$	мА	3,0	3,0	0,5А	0,5А	0,5А	0,5А
Усилительные параметры								
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...80	60...150	20	40...100	80...200	40...100
граничная частота усиления по току	$fh_{21б}$	кГц	1000	1000	20	20	20	30
Предельные параметры:								
напряжение коллектор — база при х.х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	—	—	25	30	30	30
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	25	25	25	30	30	30
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	0,5	0,5	1,5*	1,5*	1,5*	1,5*
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—	—	—
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	—	—	3,0	3,0	3,0	3,0
Тепловые параметры:								
максимальная температура перехода	T_{max}	°C	+85	+85	+85	+85	+85	+85
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°C	−40	−40	−50	−50	−50	−50
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{п\,к}$	°C/Вт	0,015	0,015	15	15	15	15
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{п\,с}$	°C/Вт	0,1	0,1	50	50	50	50
Тип проводимости			*n—p—n*,			*p—n—p*,		
Материал			германий			германий		

* Ток импульсный.

Продолжение табл. 4

Параметр	Обозначение	Единица	П602АИ	П605	П605А	П606	П606А	П701	П701А
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	0,13/10	2,0/45	2,0/45	2,0/35	2,0/35	0,1/40	0,1/60
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{эб}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	1,0/0,5	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/0,5	1,0/0,5	3,3	3,3
Режим измерения параметров									
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	10	10
ток коллектора	$I_К$	мА	0,5А	0,5А	0,5А	0,5А	0,5А	0,2А	0,2А
Усилительные параметры									
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	80...200	20...60	40...120	20...60	40...120	20...60	15...20
граничная частота усиления по току	$f_{h21б}$	кГц	30	—	—	30	30	7,5	7,5
Предельные параметры									
напряжение коллектор — база при х.х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	25	45	45	35	35	40	60
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	25	40	40	25	25	30	60
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	0,7	1,0	1,0	0,5	0,5	2,0	2,0
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	1,5*	1,5*	1,5*	1,5*	1,5*	0,5	0,5
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—	—	—	—
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	10	10
Тепловые параметры:									
максимальная температура перехода	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+85	+150	+150
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°С	−50	−60	−60	−60		−55	−55
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{пк}$	°С/Вт	15	15	15	15	15	10	10
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{пс}$	°С/Вт	50	50	50	50	50	85	85
Тип проводимости				$p-n-p$,				$n-p-n$,	
Материал				германий				германий	

* Ток импульсный

Продолжение табл. 4

Параметр	Обозначение	Единица	ГТ405А	ГТ405Б	ГТ405В	ГТ405Г
Обратный ток коллектора (при напряжении на коллекторе, В)	$I_{КБО}$	мкА	⩽25/10	⩽25/10	⩽25/10	⩽25/10
Обратный ток эмиттера (при напряжении $U_{эб}$, В)	$I_{ЭБО}$	мкА	—	—	—	—
Режим измерения параметров						
напряжение на коллекторе	$U_К$	В	1,0	1,0	1,0	1,0
ток коллектора	$I_К$	мА	3,0	3,0	3,0	3,0
Усилительные параметры						
коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	30...80	60...150	30...80	60...150
граничная частота усиления по току	$f_{h21б}$	кГц	1000	1000	1000	1000
Предельные параметры						
напряжение коллектор — база при х.х в цепи эмиттера	$U_{КБ\,max}$	В	—	—	—	—
напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы	$U_{КЭ\,max}$	В	25	25	40	40
Напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	0,35	0,35	0,35	0,35
Постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	0,5	0,5	0,5	0,5
Постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—
Постоянная мощность, рассеиваемая транзистором без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,6	0,6	0,6	0,6
Постоянная мощность с теплоотводом	$P^{Т}_{max}$	Вт	—	—	—	—
Тепловые параметры:						
максимальная температура перехода	T_{max}	°C	+85	+85	+85	+85
минимальная температура перехода транзистора	T_{min}	°C	−40	−40	−40	−40
Тепловое сопротивление переход — корпус	$R_{п\,к}$	°C/Вт	—	—	—	—
Тепловое сопротивление переход — среда	$R_{п.с}$	°C/Вт	100	100	100	100
Тип проводимости				$p-n-p$,		
Материал				германий		

Таблица 5. **Основные параметры транзисторов средней мощности средней частоты**

Параметр	Обозначение	Единица	КТ501А	КТ501Б	КТ501В	КТ501Г	КТ501Д	КТ501Е	КТ501Ж
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	20...60	40...120	80...240	20...60	40...120	80...240	20...60
Граничная частота усиления	$f_{гр}$	МГц	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$
Напряжение насыщения коллектор — эмиттер	$U_{кэ.нас}$	В	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4
Напряжение насыщения база — эмиттер	$U_{бэ.нас}$	В	−1,5	−1,5	−1,5	−1,5	−1,5	−1,5	−1,5
Емкость коллекторного перехода	$C_к$	пФ	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$
Емкость эмиттерного перехода	$C_э$	пФ	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	$\leqslant 2$	$\leqslant 2$	$\leqslant 4{,}0$	$\leqslant 2$	$\leqslant 2$	$\leqslant 4$	$\leqslant 2$
Предельно допустимые									
Напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ}$	В	15	15	15	30	30	30	45
Напряжение коллектор — база	$U_{КБ}$	В	15	15	15	30	30	30	45
Постоянный ток коллектора	$I_к$	мА	300	300	300	300	300	300	300
Импульсный ток коллектора	$I_{КИ}$	мА	500	500	500	500	500	500	500
Ток базы	$I_б$	мА	100	100	100	100	100	100	100
Мощность, рассеиваемая транзистором	$P_к$	Вт	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Рабочая температура окружающей среды	T_{max}	°C	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125
Минимальная температура	T_{min}	°C	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Проводимость, материал			$p-n-p$, кремний						

Продолжение табл. 5

Параметр	Обозначение	Единица	КТ501И	КТ501К	КТ501Л	КТ501М	КТ502А	КТ502Б	КТ502В	КТ502Г
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	40...120	80...240	20...60	40...120	40...120	80...240	40...120	80...240
Граничная частота усиления	$f_{гр}$	МГц	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	$\geqslant 5{,}0$	5,0	$\geqslant 5{,}0$
Напряжение насыщения коллектор — эмиттер	$U_{кэ\,нас}$	В	−0,4	−0,4	−0,4	−0,4	−0,6	−0,6	−0,6	−0,6
Напряжение насыщения база — эмиттер	$U_{бэ.нас}$	В	−1,5	−1,5	−1,5	−1,5	−1,2	−1,2	−1,2	−1,2
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$	$\leqslant 50$
Емкость эмиттерного перехода	$C_Э$	пФ	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$	$\leqslant 100$
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	$\leqslant 2$	$\leqslant 4$	$\leqslant 2$	$\leqslant 2$	—	—	—	—
Предельно допустимые										
напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ}$	В	45	45	60	60	25	25	40	40
напряжение коллектор — база	$U_{КБ}$	В	45	45	60	60	40	40	60	60
постоянный ток коллектора	$I_к$	мА	300	300	300	300	150	150	150	150
импульсный ток коллектора	$I_{КИ}$	мА	500	500	500	500	300	300	300	300
Ток базы	$I_б$	мА	100	100	100	100	100	100	100	100
Мощность, рассеиваемая транзистором	$P_К$	Вт	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Рабочая температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+125	+125	+125	125
Минимальная температура	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Проводимость, материал			$p-n-p$, кремний							

Продолжение табл. 5

Параметр	Обозначение	Единица	КТ502Д	КТ502Е	КТ503А	КТ503Б	КТ503В	КТ503Г	КТ503Д	КТ503Е
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	40...120	40...120	40...120	80...240	40...120	80...240	40...120	40...120
Граничная частота усиления	$f_{гр}$	МГц	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0	≥5,0
Напряжение насыщения коллектор — эмиттер	$U_{кэ\ нас}$	В	−0,6	−0,6	≤0,6	≤0,6	≤0,6	≤0,6	≤0,6	≤0,6
Напряжение насыщения база — эмиттер	$U_{БЭ\ нас}$	В	−1,2	−1,2	≤1,2	≤1,2	≤1,2	≤1,2	≤1,2	≤1,2
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50	≤50
Емкость эмиттерного перехода	$C_э$	пФ	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100	≤100
Коэффициент шума	$K_ш$	дБ	—	—	—	—	—	—	—	—
Предельно допустимые										
напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ}$	В	60	80	25	25	40	40	60	80
напряжение коллектор — база	$U_{КБ}$	В	80	90	40	40	60	60	80	100
постоянный ток коллектора	$I_К$	мА	150	150	150	150	150	150	150	150
импульсный ток коллектора	$I_{КИ}$	мА	300	300	300	300	300	300	300	300
Ток базы	$I_Б$	мА	100	100	100	100	100	100	100	100
Мощность, рассеиваемая транзистором	$R_К$	Вт	0,35	0,35	350	350	350	350	350	350
Рабочая температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+100	+100	+100	+100	+100 +100	+100
Минимальная температура	T_{min}	°С	−60	−60	−40	−40	−40	−40	−40	−40
Проводимость, материал			$p-n-p$, кремний				$n-p-n$, кремний			

Таблица 6. **Основные параметры транзисторов средней мощности высокочастотных**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ601А	КТ602А	КТ602Б	КТ602В	КТ602Г	КТ603А	КТ603Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	—	70/120	70/120	70/80	70/80	10/30	10/30
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	50/2	50/5	50/5	50/5	50/5	3/3	3/3
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	20	10	10	10	10	2	2
ток коллектора	$I_К$	мА	10	10	10	10	10	150	150
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	⩾16	20...80	⩾50	15...80	⩾50	10...80	⩾60
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	40	150	150	150	150	200	200
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	15	4	4	4	4	15	15
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	600	300	300	300	300	400	400
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	100	120	120	80	80	80	30
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	100	100	100	70	70	30	30
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	2	5	5	5	5	3	3
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	мА	30	75	75	75	75	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\,и\,max}$	мА	—	500	500	500	500	600	600
постоянный ток базы	$I_{б\,max}$	мА	30	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощн. без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,25	0,85	0,85	0,85	0,85	0,5	0,5
рассеиваемая мощн. с теплоотводом	P_{max} Т	Вт	0,5	2,8	2,8	2,8	2,8	—	—
Максимальная температура окр. среды	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+85	+85	+85
Минимальная температура окр. среды	T_{min}	°С	−20	−40	−40	−40	−40	−40	−40
Общее тепловое сопр. транзистора	$R_Т$	°С/Вт	250	150	150	150	150	200	200
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	45	45	45	45	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний	$n-p-n$, кремний				$n-p-n$, кремний	
Основное назначение			Для видеокаскадов телевизионных приемников	Для усилителей и генераторов в диапазоне частот до 150 МГц				Для усилителей и генераторов высокой частоты, устройств переключения	

Продолжение табл. 6

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ603В	КТ603Г	КТ603Д	КТ603Е	КТ604А	КТ604Б	КТ605А	КТ605Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	5/15	5/15	1/10	1/10	—	—	—	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	3/3	3/3	3/3	3/3	100/5	100/5	100/5	100/5
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	2	2	2	2	40	40	40	40
ток коллектора	$I_К$	мА	150	150	150	150	200	200	20	20
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	10...80	⩾60	20...80	60...200	10...40	30...120	10...40	30...120
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	200	200	200	200	40	40	40	40
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	15	15	15	15	7	7	7	7
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	400	400	400	400	—	—	250	250
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	15	15	10	10	300	300	300	300
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	15	15	10	10	250	250	250	250
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	3	3	3	3	5	5	5	5
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	мА	300	300	300	300	200	200	—	—
импульсный ток коллектора	$I_{К\ и\ max}$	мА	600	600	600	600	—	—	200	200
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	мА	—	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,4	0,4
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}\ T$	Вт	—	—	—	—	3	3	—	—
Максимальная температура окр. среды	T_{max}	°C	+85	+85	+85	+85	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окр. среды	T_{min}	°C	−40	−40	−40	−40	−25	−25	−25	−25
Общее тепловое сопр. транзистора	$R_Т$	°C/Вт	200	200	200	200	150	150	300	300
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°C/Вт	—	—	—	—	40	40	—	—
Тип перехода, материал			$n—p—n$, кремний				$n—p—n$, кремний			
Основное назначение			Для усилителей и генераторов высокой частоты, устройств переключения				Для видеоусилителей и генераторов разверток телевизионных приемников			

Продолжение табл. 6

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора КТ606А	КТ606Б	КТ607А	КТ608А	КТ608Б	П607	П607А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	—	—	1000/40	10/60	10/60	300/30	300/30
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	300/4	300/4	0,5/4	10/4	10/4	500/1,5	500/1,5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	—	—	—	3	3
ток коллектора	$I_К$	мА	100	100	—	200	200	250	350
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	≥3,5**	≥3**	≥7**	20...80	40...160	20...80	60...200
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	350	350	700	200	200	60	60
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	10	10	4	15	15	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	10	12	18	—	—	500	500
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	60	60	40	60	60	30	30
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	60	60	35	60	60	25	25
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	4	4	4	4	4	1,5	1,5
постоянный ток коллектора	$I_{к\ max}$	мА	400	400	150	400	400	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\ и\ max}$	мА	800	800	300	800	800	600	600
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	мА	100	100	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	2,5	2,5	—	0,5	0,5	1,5	1,5
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max\ Т}$	Вт	—	—	1,5	—	—	—	—
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°C	+85	+85	+100	+85	+85	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°C	−40	−40	−55	−40	−40	−55	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°C/Вт	—	—	—	200	200	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°C/Вт	44	44	—	—	—	2	2
Тип перехода, материал			n—p—n, кремний	n—p—n, кремний	n—p—n, кремний	n—p—n, кремний	n—p—n, кремний	p—n—p, германий	p—n—p, германий
Основное назначение			Для усилителей и генераторов сверхвысокой частоты	Для усилителей и генераторов сверхвысокой частоты	Для усилителей и генераторов сверхвысокой частоты	Для усилителей и генераторов сверхвысокой частоты	Для усилителей и генераторов сверхвысокой частоты	Для генераторов КВ и УКВ, импульсных устройств	Для генераторов КВ и УКВ, импульсных устройств

Продолжение табл. 6

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			П608	П608А	П608Б	П609	П609А	П609Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мкА	300/30	300/30	500/50	300/30	300/30	500/50
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мкА	500/1,5	500/1,5	500/1,5	500/1,5	500/1,5	500/1,5
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	3	3	3	3	3	3
ток коллектора	$I_К$	мА	250	250	250	250	250	250
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	40...120	80...240	40...120	40...120	80...240	80...240
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	90	90	90	120	120	120
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	50	50	50	50	50	50
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	500	500	500	500	500	500
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	30	30	50	30	30	50
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	25	25	40	25	25	40
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	мА	300	300	300	300	300	300
импульсный ток коллектора	$I_{К\ и\ max}$	мА	600	600	600	600	600	600
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	мА	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}T$	Вт	—	—	—	—	—	—
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°C	+60	+60	+60	+60	+60	+60
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°C	−55	−55	−55	−55	−55	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°C/Вт	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°C/Вт	2	2	2	2	2	2
Тип перехода, материал			$p—n—p$, германий					
Основное назначение			Для генераторов КВ и УКВ, импульсных устройств					

Таблица 7. **Основные параметры транзисторов большой мощности низкочастотных**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			П4АЭ	П4БЭ	П4ВЭ	П4ГЭ	П4ДЭ	П213	П213А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	0,5/10	0,4/10	0,4/10	0,4/10	0,4/10	0,15/45	1/45
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	0,6/10	0,6/10	0,6/10	0,6/10	0,6/10	0,3/15	0,4/10
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	10	10	10	5	5
ток коллектора	$I_К$	А	2	2	2	2	2	0,2	0,2
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 5$	15...40	$\geqslant 10$	15...30	$\geqslant 30$	20...50	$\geqslant 20$
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	кГц	150	150	150	150	150	150	150
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	60	70	40	60	60	45	45
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	50	60	35	50	50	40	30
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	15	10
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	5	5	5	5	5	5	5
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,5	0,5
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	2	2	2	2	2	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	20	20	20	20	20	11,5	10
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+60	+60	+60	+60	+60	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—55	—55	—55	—55	—55	—60	—60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	35	35
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	2	2	2	2	2	3,5	4
Тип перехода, материал			*p—n—p*, германий					*p—n—p*, германий	
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ и переключающих устройств					Для выходных каскадов УНЧ, преобразователей и стабилизаторов напряжения, переключающих устройств	

Продолжение табл. 7

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			П213Б	П214	П214А	П214Б	П214В	П214Г	П215
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	1/45	0,3/60	0,3/60	0,15/60	1,5/60	1,5/60	0,3/80
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	0,4/10	0,3/15	0,3/15	0,3/15	0,4/10	0,4/10	0,3/15
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	А	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant$40	20...60	50...150	50...150	$\geqslant$20	—**	20...150
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	кГц	150	150	150	150	150	150	150
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	45	60	60	60	60	60	80
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	30	55	55	55	55	55	70
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	10	15	15	15	10	10	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	5	5	5	5	5	5	5
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	P_{max}Т	Вт	10	10	10	11,5	10	10	10
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	35	35	35	35	35	35	35
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	4	4	4	3,5	4	4	4
Тип перехода, материал			*p—n—p*, германий						
Конструкция и расположение выводов (номер рисунка)									
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ, преобразователей и стабилизаторов напряжения, переключающих устройств						

Продолжение табл. 7

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			П216Б	П216В	П216Г	П216Д	П217В	П217Г	ГТ701А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	1,5/35	2/35	2,5/50	2/50	3/60	3/60	6/60
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	0,75/15	0,75/15	0,75/15	0,75/15	0,75/15	0,75/15	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	3	3	3	3	3	3	2
ток коллектора	$I_К$	А	2	2	2	2	2	2	5
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 10$	$\geqslant 30$	$\geqslant 5$	15...30	15...40	15...40	$\geqslant 10$
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	кГц	100	100	100	100	100	100	50***
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	35	35	50	50	60	60	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	35	35	50	50	60	60	55
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	15	15	15	15	15	15	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	12
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	P_{max}Т	Вт	24	24	24	24	24	24	50
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	35	35	35	35	35	35	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,2
Тип перехода, материал			*p—n—p*, германий						
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ радиовещательных приемников, телевизоров, магнитофонов						Для устройств зажигания двигателей

Продолжение табл. 7

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			1Т702А	1Т702Б	1Т702В	ГТ703А	ГТ703Б	ГТ703В	ГТ703Г	ГТ703Д
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	12/60	12/60	12/60	0,5/20	0,5/20	0,5/30	0,5/30	0,5/30
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	—	—	—	0,05/10	0,05/10	0,05/10	0,05/10	0,05/10
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1
ток коллектора	$I_К$	А	30	30	30	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	15...100	15...100	⩾20	30...70	50...150	30...70	50...100	20...45
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	кГц	—	—	—	10	10	10	10	10
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	60	60	60	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	60	60	40	20	20	30	30	40
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	4	4	4	—	—	—	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	30	30	30	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	5	5	5	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	5	5	5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	150	150	150	15	15	15	15	15
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+55	+55	+55	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−40	−40	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	10	10	10	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	0,3	0,3	0,3	3	3	3	3	3
Тип перехода, материал			$p—n—p$, германий			$p—n—p$, германий				
Основное назначение			Для устройств переключения			Для выходных каскадов УНЧ радиовещательных приемников, телевизоров, магнитофонов				

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ704А	КТ704Б	КТ704В	ГТ705А	ГТ705Б	ГТ705В	ГТ705Г	ГТ705Д
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	—	—	—	0,5/20	0,5/20	0,5/30	0,5/30	0,5/20
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	100/4	100/4	100/4	0,3/10	0,3/10	0,3/10	0,3/10	0,3/10
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	15	15	15	1	1	1	1	1
ток коллектора	$I_К$	А	1	1	1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 15$	$\geqslant 15$	$\geqslant 15$	30...70	50...100	30...70	50...100	90...250
Предельная частота коэффициента передачи	$f_{h21б}$	кГц	3000	3000	3000	10	10	10	10	10
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	200	200	200	20	20	30	30	20
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	4	4	4	—	—	—	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	2	2	2	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	15	15	15	15	15	15	15	15
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+55	+55	+55	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	30	30	30	30	30
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	5	5	5	3	3	3	3	3
Тип перехода, материал			*n—p—n*, кремний							
Основное назначение			Для устройств строчной развертки телевизионных приемников			Для выходных каскадов УНЧ радиовещательных приемников, телевизоров, магнитофонов				

Таблица 8. **Основные параметры транзисторов большой мощности среднечастотных**

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			П702	П702А	КТ801А	КТ801Б	КТ802А	КТ803А
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	5/70	5/70	10/80	10/60	60/150	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	5/3	5/3	2/2,5	2/2,5	40/3	50/4
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	5	5	10	10
ток коллектора	$I_К$	А	1	1	1	1	2	5
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	≥25	≥10	13...50	20...100	≥15	10...70
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	4	4	10	10	10	20
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	—	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	60	60	80	60	150	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	60	60	80	60	120	60
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	3	3	2,5	2,5	3	4
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	2	2	2	2	5	10
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	0,5	0,5	0,4	0,4	1	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	4	4	—	—	3	5
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	40	40	5	5	50	60
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+85	+85	+85	+85	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−55	−55	−40	−40	−25	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	33	33	20	20	30	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	2,5	2,5	—	—	2,5	1,66
Тип перехода, материал			*n—p—n*, кремний		*n—p—n*, кремний		*n—p—n*, кремний	
Основное назначение			Для усилителей и генераторов в диапазоне частот до 5 МГц		Для устройств кадровой и строчной развертки телевизионных приемников		Для усилителей мощности высокой частоты	

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ805А	КТ805Б	ГТ806А	ГТ806Б	ГТ806В	ГТ806Г	ГТ806Д
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	0,1/5	0,1/5	—	—	—	—	—
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	100/5	100/5	8/1,5	8/1,5	8/1,5	8/1,5	8/1,5
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	—	—	—	—	—
ток коллектора	$I_К$	А	2	2	10	10	10	10	10
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	⩾15	⩾15	10...100	10...100	10...100	10...100	10...100
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	20	20	10**	10**	10**	10**	10**
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	—	—	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	160	135	75	100	120	50	140
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	160	135	75	100	120	50	140
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	5	5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	5	5	5	15	15	15	15
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	2	2	3	3	3	3	3
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	3	3	2	2	2	2	2
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	30	30	30	30	30	30	30
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+55	+55	+55	+55	+55
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−55	−55	−55	−55	−55	−55	−55
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	30	30	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	3,3	3,3	2	2	2	2	2
Тип перехода, материал			*n—p—n*, кремний		*p—n—p*, германий				
Основное назначение			Для выходных каскадов строчной развертки телевизоров		Для мощных импульсных усилителей, преобразователей напряжения и тока				

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ807А	КТ807Б	КТ808А	КТ809А	ГТ810А	КТ814А	КТ814Б
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	—	—	—	—	20/200	0,05/40	0,05/40
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	15/4	15/4	50/4	50/4	—	—	—
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	3	5	10	2	2
ток коллектора	$I_К$	А	0,5	0,5	6	2	5	0,15	0,15
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	15...45	30...100	10...50	15...100	⩾15	⩾40	⩾40
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	—	—	7	5,5	15	3	3
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	500	270	—	60	60
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	—	—	—	—	200	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	100	100	120	400	200	40	50
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	4	4	4	4	1,4	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	0,5	0,5	10	3	10	1,5	1,5
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	0,2	0,2	4	1,5	1,5	0,5	0,5
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	5	—	0,75	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	10	10	50	40	15	10	10
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+85	+85	+100	+125	+55	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−60	−60	−55	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	50	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	8	8	2,0	2,5	2,5	—	—
Тип перехода, материал			*n—p—n*, кремний		*n—p—n*, кремний		*p—n—p*, германий	*p—n—p*, кремний	
Основное назначение			Для каскадов строчной развертки телевизоров				Для импульсных устройств	Для выходных каскадов УНЧ, ключевых устройств	

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			КТ814В	КТ814Г	КТ815А	КТ815Б	КТ815В	КТ815Г
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	0,05/40	0,05/40	0,05/40	0,05/40	0,05/40	0,05/40
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	2	2	2	2	2	2
ток коллектора	$I_К$	А	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 40$	$\geqslant 30$	$\geqslant 40$	$\geqslant 40$	$\geqslant 40$	$\geqslant 30$
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	3	3	3	3	3	3
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	60	60	60	60	60	60
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	70	100	40	50	70	100
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	P_{max}Т	Вт	10	10	10	10	10	10
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—40	—40	—40	—40	—40	—40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$p—n—p$, кремний		$n—p—n$, кремний			
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ, ключевых устройств					

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ816А	КТ816Б	КТ816В	КТ816Г	КТ817А	КТ817Б	КТ817В	КТ817Г
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	0,1/40	0,1/40	0,1/40	0,1/40	0,1/40	0,1/40	0,1/40	0,1/40
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	—	—	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	2	2	2	2	2	2	2	2
ток коллектора	$I_К$	А	2	2	2	2	2	2	2	2
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 20$	$\geqslant 20$	$\geqslant 20$	$\geqslant 15$	$\geqslant 20$	$\geqslant 20$	$\geqslant 20$	$\geqslant 15$
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	3	3	3	3	3	3	3	
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	115	115	115	115	55	55	55	55
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	40	50	70	100	40	50	70	100
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	3	3	3	3	3	3	3	3
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	1	1	1	1	1	1	1	1
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	P_{max}Т	Вт	20	20	20	20	20	20	20	20
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	—40	—40	—40	—40	—40	—40	—40	—40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°В/Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			*p—n—p*, кремний				*n—p—n*, кремний			
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ, ключевых устройств				Для выходных каскадов УНЧ, ключевых устройств			

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора							
			КТ818А	КТ818Б	КТ818В	КТ818Г	КТ819А	КТ819Б	КТ819В	КТ819Г
Обратный ток коллектора при $U_{КБ}$, В	$I_{КБО}$	мА	1/40	1/40	1/40	1/40	1/40	1/40	1/40	1/40
Обратный ток эмиттера при $U_{ЭБ}$, В	$I_{ЭБО}$	мА	—	—	—	—	—	—	—	—
Режим измерения h-параметров										
напряжение коллектора	$U_К$	В	5	5	5	5	5	5	5	5
ток коллектора	$I_К$	А	5	5	5	5	5	5	5	5
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 15$	$\geqslant 20$	$\geqslant 15$	$\geqslant 12$	$\geqslant 15$	$\geqslant 20$	$\geqslant 15$	$\geqslant 12$
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	3	3	3	3	3	3	3	3
Емкость коллекторного перехода	$C_К$	пФ	—	—	—	—	—	—	—	—
Постоянная времени цепи обратной связи	$\tau_К$	пс	—	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры										
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\ max}$	В	40	50	70	90	40	50	70	100
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\ max}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
постоянный ток коллектора	$I_{К\ max}$	А	10	10	10	10	10	10	10	10
постоянный ток базы	$I_{Б\ max}$	А	3	3	3	3	3	3	3	3
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max}Т$	Вт	60	60	60	60	60	60	60	60
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			*p—n—p*, кремний				*n—p—n*, кремний			
Основное назначение			Для выходных каскадов УНЧ, ключевых устройств							

Продолжение табл. 8

Параметры	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ825Г	КТ825Д	КТ825Е	КТ826А	КТ826Б	КТ826В	КТ827А
Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мА	—	—	—	$\leqslant 2{,}0$	$\leqslant 2{,}0$	$\leqslant 2{,}0$	$\leqslant 2{,}0$
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБО}$	мА	—	—	—	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 5{,}0$
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	10	10	10	10	10	10	3,0
ток коллектора	$I_К$	А	10	10	10	0,1	0,1	0,1	10
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	750... 18 000	750... 18 000	750... 18 000	5...300	5...300	5...300	750... 18 000
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	—	—	—	—	—	—	100
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	90	60	30	700	700	700	100
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	5,0	5,0	5,0	—	—	—	5,0
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	20	20	20	1,0	1,0	1,0	20
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	0,5	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0,5
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	3,0	3,0	3,0	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max\,Т}$	Вт	125	125	125	15	15	15	125
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+125	+125	+125	+125
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−40	−40	−40	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	1,4
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	
Тип перехода, материал			$p-n-p$, кремний			$n-p-n$, кремний			$n-p-n$, кремний

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ827Б	КТ827В	КТ828А	КТ828Б	КТ829А	КТ829Б	КТ829В
Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мА	$\leqslant 2{,}0$	$\leqslant 2{,}0$	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 5{,}0$	—	—	—
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБО}$	мА	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 5{,}0$	$\leqslant 10$	$\leqslant 10$	$\leqslant 2$	$\leqslant 2$	$\leqslant 2$
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	3,0	3,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0
ток коллектора	$I_К$	А	10	10	4,5	4,5	3,0	3,0	3,0
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	750...	750...	$\geqslant 2{,}25$	$\geqslant 2{,}25$	$\geqslant 750$	$\geqslant 750$	$\geqslant 750$
		МГц	18 000	18 000					
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$		—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	80	60	—	—	—	—	—
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	80	60	800	600	100	80	60
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	20	20	5,0	5,0	8,0	8,0	8,0
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	0,5	0,5	—	—	0,2	0,2	0,2
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max.\,T}$	Вт	125	125	50	50	60	60	60
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+85	+85	+85
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−40	−40	−40
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	1,4	1,4	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			$n-p-n$, кремний			$n-p-n$, кремний			

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ835А	КТ835Б	КТ837А	КТ837Б	КТ837В	КТ837Г	КТ837Д
Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мА	—	$\geqslant 1$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБО}$	мА	$\leqslant 1,5$	$\leqslant 1,5$	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Режим измерения *h*-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	А	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	$\geqslant 25$	10...100	10...40	20...80	50...150	10...40	20...80
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	30	45	80	80	80	60	60
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	30	30	70	70	70	50	50
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	4,0	4,0	15	15	15	15	15
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	3,0	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max\,т}$	Вт	25	25	30	30	30	30	30
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°C	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°C	−40	−40	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°C/Вт	4,0	4,0	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°C/Вт	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал			*p—n—p*, кремний						

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора						
			КТ837Е	КТ837Ж	КТ837И	КТ837К	КТ837Л	КТ837М	КТ837Н
Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мА	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБО}$	мА	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Режим измерения h-параметров									
напряжение коллектора	$U_К$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	А	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	50...150	10...40	20...80	50...150	10...40	20...80	50...150
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры									
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	60	45	45	45	80	80	80
постоянное напряжение коллектор—эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	50	40	40	40	70	70	70
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	15	15	15	15	5,0	5,0	5,0
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max\ т}$	Вт	30	30	30	30	30	30	30
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал	—	—	кремний, $p-n-p$						

Продолжение табл. 8

Параметр	Обозначение	Единица	Тип транзистора					
			КТ837П	КТ837Р	КТ837С	КТ837Т	КТ837У	КТ837Ф
Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мА	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Обратный ток эмиттера	$I_{ЭБО}$	мА	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Режим измерения h-параметров								
напряжение коллектора	$U_К$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ток коллектора	$I_К$	А	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Граничная частота коэффициента передачи	$f_{гр}$	МГц	10...40	20...80	50...150	10...40	20...80	50...150
Коэффициент передачи тока	$h_{21э}$	—	—	—	—	—	—	—
Максимально допустимые параметры								
постоянное напряжение коллектор — база	$U_{КБ\,max}$	В	60	60	60	45	45	45
постоянное напряжение коллектор — эмиттер	$U_{КЭ\,max}$	В	50	50	50	40	40	40
постоянное напряжение эмиттер — база	$U_{ЭБ\,max}$	В	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
постоянный ток коллектора	$I_{К\,max}$	А	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
постоянный ток базы	$I_{Б\,max}$	А	—	—	—	—	—	—
рассеиваемая мощность без теплоотвода	P_{max}	Вт	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
рассеиваемая мощность с теплоотводом	$P_{max\,Т}$	Вт	30	30	30	30	30	30
Максимальная температура окружающей среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Минимальная температура окружающей среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Общее тепловое сопротивление транзистора	$R_Т$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—
Тепловое сопротивление транзистора	$R_В$	°С/Вт	—	—	—	—	—	—
Тип перехода, материал		—	$p-n-p$, кремний					

Таблица 9. **Основные параметры некоторых полевых транзисторов**

Параметр	Обозначение	Единица	КП101Г	КП101Д	КП101Е	КП102Е	КП102Ж	КП102И	КП102К	КП102Л
Ток стока при $U_{зи}=0$	$I_с$	мА	0,3	0,3	0,3	0,18...0,55	0,4...1,0	0,7...1,8	1,3...3,0	2,4...6,0
Крутизна характеристики	S	мА/В	0,15	0,3	0,3	0,25	0,3	0,36	0,45	0,65
Напряжение отсечки	$U_{отс}$	В	5,0	10	10	2,8	4,0	5,5	7,5	10
Пороговое напряжение	$U_{пор}$	В	—	—	—	—	—	—	—	—
Ток затвора	$I_з$	нА	10	50	50	15	15	15	15	15
Предельная частота усиления	$f_т$	МГц	—	—	—	10	10	10	10	10
Коэффициент шума	$F_ш$	дБ	5,0	10	—	10 мкв	10	10	10	10
Входная емкость	$C_{11и}$	пФ	12	12	12	10	10	10	10	10
Проходная емкость	$C_{12и}$	пФ	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Выходная емкость	$C_{22и}$	пФ	—	—	—	—	—	—	—	—
Максимальное напряжение сток — затвор	$U_{сз\ max}$	В	10	10	10	15	15	15	15	15
Максимальное напряжение сток — исток	$U_{си\ max}$	В	—	—	—	15	15	15	15	15
Максимальный ток стока	$I_{с\ max}$	мА	2,0	5,0	5,0	—	—	—	—	—
Максим. рассеиваемая мощность	P_{max}	мВт	—	—	—	—	—	—	—	—
Максим. температура окруж. среды	T_{max}	°C	+85	+85	+85	+70	+70	+70	+70	+70
Миним. температура окруж. среды	T_{min}	°C	−40	−40	−40	−55	−55	−55	−55	−55
Тип перехода, тип канала			p—n—переход с p—каналом							

Продолжение табл. 9

Параметр	Обозначение	Единица	КП103Е	КП103Ж	КП103И	КП103К	КП103Л	КП103М	КП301Б
Ток стока при $U_{зи}=0$	$I_с$	мА	0,3...0,7	0,55...1,2	1,0...2,1	1,7...3,8	3,0...6,6	5,4...12	$0,5\cdot10^{-6}$
Крутизна характеристики	S	мА/В	0,4...1,5	0,7...2,2	0,8...3,0	1,4...4,0	2,0...6,0	2,8...6,0	10
Напряжение отсечки	$U_{отс}$	В	0,4...1,8	0,7...2,1	0,8...2,6	1,4...3,5	1,8...3,8	2,0...4,4	—
Пороговое напряжение	$U_{пор}$	В	—	—	—	—	—	—	4,2
Ток затвора	$I_з$	нА	20	20	20	20	20	20	0,3
Предельная частота усиления	$f_т$	МГц	—	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$F_ш$	дБ	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	9,5
Входная емкость	$C_{11и}$	пФ	20	20	20	20	20	20	3,5
Проходная емкость	$C_{12и}$	пФ	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	1,0
Выходная емкость	$C_{22и}$	пФ	—	—	—	—	—	—	3,5
Максимальное напряжение сток—затвор	$U_{сз\ max}$	В	15	15	15	15	15	15	—
Максимальное напряжение сток—исток	$U_{си\ max}$	В	10	10	10	10	10	10	20
Максимальный ток стока	$I_{с\ max}$	мА	—	—	—	—	—	—	15
Максим. рассеиваемая мощность	P_{max}	мВт	120	120	120	120	120	120	200
Максим. температура окруж. среды	T_{max}	°С	+70	+70	+70	+70	+70	+70	+70
Миним. температура окруж. среды	T_{min}	°С	−55	−55	−55	−55	−55	−55	−40
Тип перехода, тип канала			p—n—переход с p—каналом						индуцир. канал p

Продолжение табл. 9

Параметр	Обозначение	Единица	КП302А	КП302Б	КП302В	КП303А	КП303Б	КП303В
Ток стока при $U_{зи}=0$	$I_с$	мА	3...24	18...43	33	0,5...2,5	0,5...2,5	1,5...5,0
Крутизна характеристики	S	мА/В	5,0	7,0	5,0	1,0...4,0	1,0...4,0	2,0...5,0
Напряжение отсечки	$U_{отс}$	В	5,0	7,0	10	3,0	3,0	4,0
Пороговое напряжение	$U_{пор}$	В	—	—	—	—	—	—
Ток затвора	$I_з$	нА	10	10	10	1,0	1,0	1,0
Предельная частота усиления	$f_т$	МГц	—	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$F_ш$	дБ	3,0	—	—	—	—	—
Входная емкость	$C_{11и}$	пФ	20	20	20	6,0	6,0	6,0
Проходная емкость	$C_{12и}$	пФ	8,0	8,0	8,0	2,0	2,0	2,0
Выходная емкость	$C_{22и}$	пФ	7,0	10,5	14	—	—	—
Максимальное напряжение сток—затвор	$U_{сз\ max}$	В	20	20	20	30	30	30
Максимальное напряжение сток—исток	$U_{си\ max}$	В	20	20	20	25	25	25
Максимальный ток стока	$I_{с\ max}$	мА	24	43	80	20	20	20
Максим. рассеиваемая мощность	P_{max}	мВт	300	300	300	200	200	200
Максим. температура окруж. среды	T_{max}	°C	+100	+100	+100	+100	+100	+100
Миним. температура окруж. среды	T_{min}	°C	−60	−60	−60	−60	−60	−60
Тип перехода, тип канала			Встроенный канал n-типа			С p—n-переходом n—канал		

Продолжение табл. 9

Параметр	Обозначение	Единица	КП303Г	КП303Д	КП303Е	КП303Ж	КП303И
Ток стока при $U_{зи}=0$	$I_с$	мА	3,0...12	3,0...9,0	5,0...20	0,3...3,0	1,5...5,0
Крутизна характеристики	S	мА/В	3,0...7,0	$\geqslant 2,6$	$\geqslant 4,0$	1,0...4,0	2,0...6,0
Напряжение отсечки	$U_{отс}$	В	8,0	8,0	8,0	0,3...3,0	0,3...2,0
Пороговое напряжение	$U_{пор}$	В	—	—	—	—	—
Ток затвора	$I_з$	нА	0,1	1,0	1,0	5,0	5,0
Предельная частота усиления	$f_т$	МГц	—	—	—	—	—
Коэффициент шума	$F_ш$	дБ	—	4,0	4,0	—	—
Входная емкость	$C_{11и}$	пФ	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Проходная емкость	$C_{12и}$	пФ	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Выходная емкость	$C_{22и}$	пФ	—	—	—	—	—
Максимальное напряжение сток—затвор	$U_{сз\ max}$	В	30	30	30	30	30
Максимальное напряжение сток—исток	$U_{си\ max}$	В	25	25	25	25	25
Максимальный ток стока	$I_{с\ max}$	мА	20	20	20	20	20
Максим. рассеиваемая мощность	P_{max}	мВт	200	200	200	200	200
Максим. температура окруж. среды	T_{max}	°С	+100	+100	+100	+100	+100
Миним. температура окруж. среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−60
Тип перехода, тип канала			*p*—*n*—переход, *n*—канал				

Продолжение табл. 9

Параметр	Обозначение	Единица	КП305Д	КП305Е	КП305Ж	КП305И	КП305А	КП305Б	КП305В
Ток стока при $U_{зи}=0$	$I_с$	мА	не регламентируется				3,5	3,5	6,0
Крутизна характеристики	S	мА/В	5,2...10,5	4,0...8,0	8,2...10,5	4,0...10,5	6,0	6,0	6,0
Напряжение отсечки	$U_{отс}$	В	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Пороговое напряжение	$U_{пор}$	В	—	—	—	—	—	—	—
Ток затвора	$I_з$	нА	1,0	0,005	1,0	1,0	5,0	5,0	5,0
Предельная частота усиления	$f_т$	МГц	—	—	—	-	—	—	—
Коэффициент шума	$F_ш$	дБ	7,5	—	7,5	—	6,0	6,0	6,0
Входная емкость	$C_{11и}$	пФ	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0
Проходная емкость	$C_{12и}$	пФ	0,8	0,8	0,8	0,8	0,07	0,07	0,07
Выходная емкость	$C_{22и}$	пФ	—	—	—	—	6,0	6,0	6,0
Максимальное напряжение сток—затвор	$U_{сз\ max}$	В	15	15	15	15	21/15	21/15	21/15
Максимальное напряжение сток—исток	$U_{си\ max}$	В	15	15	15	15	15	15	15
Максимальный ток стока	$I_{с\ max}$	мА	15	15	15	15	30	30	30
Максим. рассеиваемая мощность	P_{max}	мВт	150	150	150	150	200	200	200
Максим. температура окруж. среды	T_{max}	°С	+125	+125	+125	+125	+85	+85	+85
Миним. температура окруж. среды	T_{min}	°С	−60	−60	−60	−60	−40	−40	−40
Тип перехода, тип канала			Встроенный канал n—типа				Встроенный канал n—типа		

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ЦОКОЛЕВКА, МАРКИРОВКА РАДИОДЕТАЛЕЙ И ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Таблица. 1. **Условные графические обозначения на схемах аппаратов зарубежного и отечественного производства**

Наименование элемента	Обозначение на зарубежной схеме	Обозначение на отечественной схеме
1	2	3
Резистор постоянный		
Подстроечный резистор		
То же		
Переменный резистор		
Конденсатор постоянной емкости		
Электролитический конденсатор	+	+
То же	+	+
Подстроечный конденсатор		
Трансформатор с магнито-диэлектрическим сердечником		
Плавкий предохранитель		
Соединение с корпусом		
Диод полупроводниковый		
Стабилитрон		

Продолжение табл. 1

1	2	3
Фотодиод		
Светодиод		
Лампа накаливания		
Головка магнитная		
То же		
Головка магнитная воспроизводящая		
Головка магнитная записывающая		
Головка магнитная стирающая		
Выключатель однополюсный		
Переключатель однополюсный пятипозиционный		
Переключатель галетный		
Переключатель двухполюсный двухпозиционный		

Таблица 2. **Цоколевка отечественных транзисторов**

Тип транзистора	*Цоколевка*	*Тип транзистора*	*Цоколевка*
КТ 315 КТ 361	Б К Э	КТ 358	Э К Б
КТ 3102 КТ 342 КТ 201 КТ 202 КТ 601 КТ 603	К Э Б	КП 103	С З И
ГТ 402 ГТ 404 КТ 602	Э К Б	КП303	Корпус З И С
МП 25 МП 26 МП 27 МП 37 МП 38 МП 39Б МП 40 МП 41 МП 114	К Э Б	П 605 П 701	Б К Э
ГТ 403 ГТ 406	Э К Б	КТ 608	Б К Э
КТ 209 КТ 503 КТ 3107 КТ 502	К Б Э	КТ 703	Э Б К
КТ 501	К Э Б	П214	Б Э К
		КТ 801	Б К Э

Тип транзистора	Цоколевка
КТ 802 КТ 809	Б, К, Э
КТ 807	Б, Э, К
КТ 814 КТ 815 КТ 816 КТ 817 КТ 839 КТ 973	Э, К, Б
КТ 805 КТ 818 КТ 819 КТ 835 КТ 837	Э, К, Б
КТ 808 АМ... ГМ КТ 812 КТ 818 АМ... ГМ КТ 819 АМ... ГМ КТ 825 КТ 826 КТ 827 КТ 828	Б, Э, К
КТ 639 КТ 972	Э, К, Б

Тип микросхемы	Цоколевка
К 174 УН 7 К 504 НТ 2Б КГУС 373	1, 6, 12, 7
К 237 ГС 1 К 237 УЛ 3 К 237 УН 1 К 237 УС 1	14, 8, К 237, 1, 7
К 155 ЛА 3 К 155 ЛА 4 К 155 ЛА 8 К 553 УД 1А К 553 УД 2 К 1У 401 А	14, 8, 1, 7; 1, 12
К 157 ХП 3	24, 13, 1, 12
К 157 УД 2 К 157 УЛ 1 К 547 КП 1 К 561	14, 8, 1, 7

Таблица 3. **Маркировка светодиодов видимого излучения**

Светодиод	Материал корпуса	Маркировка	№ рис. корпуса
АЛ102А АЛ102Б АЛ102В АЛ102Г АЛ102Д	Металлостеклянный	Красная точка Две красные точки Зеленая точка Три красные точки Две зеленые точки	1
АЛ102АМ АЛ102БМ АЛ102ВМ АЛ102ГМ	Металлостеклянный	Красная точка Две красные точки Зеленая точка Три красные точки	2
АЛ112В АЛ112Б АЛ112В	Металлопластмассовый	Красная полоса Зеленая полоса Синяя полоса	3
АЛ112Г АЛ112Д АД112Е АЛ112Ж АЛ112И	Металлостеклянный	Красная полоса Зеленая полоса Красная точка Зеленая точка Синяя точка	4
АЛ112К АЛ112Л АЛ112М	Металлопластмассовый	Красная точка Зеленая точка Синяя точка	5
АЛ307А* АЛ307Б АЛ307В АЛ307Г АЛ307Д АЛ307Е АЛ307И АЛ307Л	Пластмассовый	Черная точка Две черные точки Черная точка Две черные точки Черная точка Две черные точки Белая точка Две белые точки	6
АЛ310А АЛ310Б	Металлический	Красная точка Синяя точка	7
АЛ316А АЛ316Б		Красная полоса Синяя полоса	8
КИПДО6А-1К КИПДО6Б-1К КИПДО6В-1Л КИПДО6Г-1Л	Пластмассовый	Красная или черная точка Две красные или черные точки Зеленая точка Две зеленые точки	9

* Цвет корпуса светодиода АЛ307А, АЛ307Б — красный, АЛ307В, АЛ307Г — зеленый, АЛ307Д, АЛ307Е — желтый, АЛ307И, АЛ307Л — оранжевый.

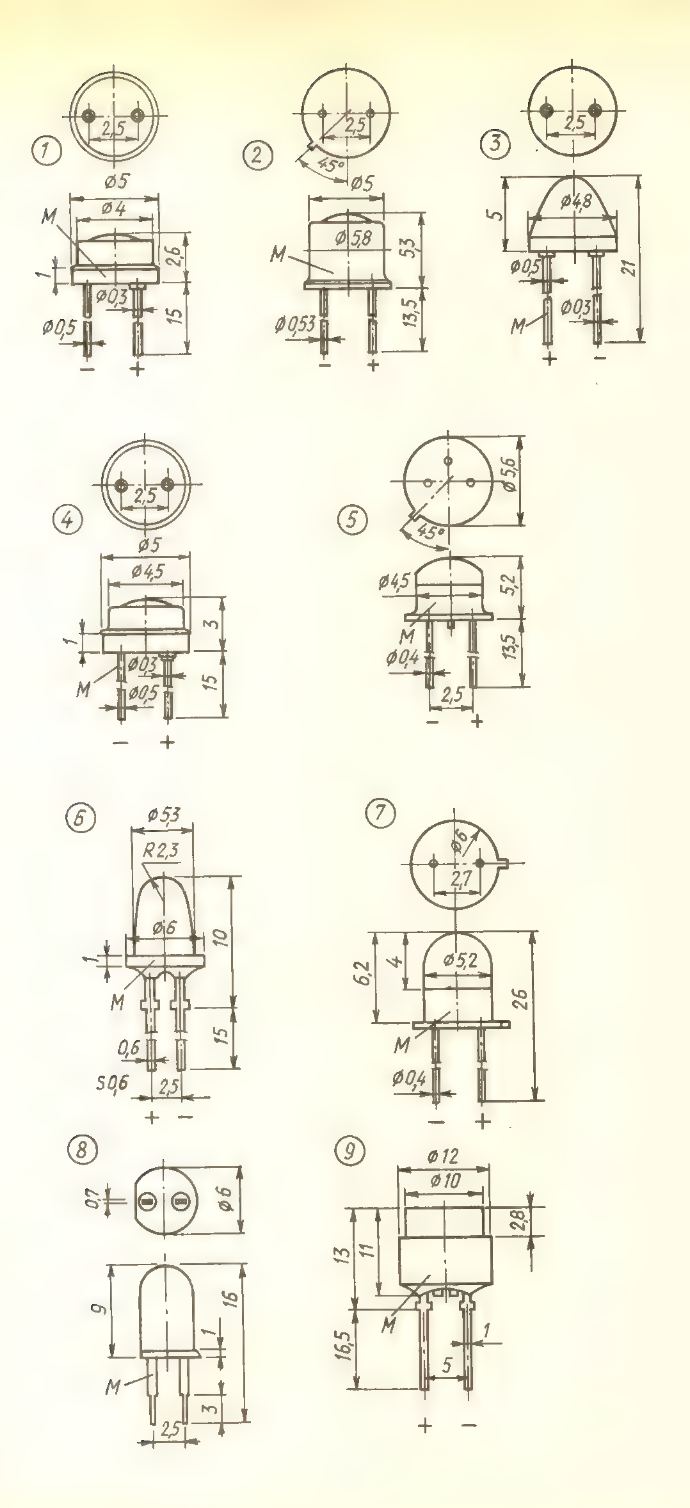

1
2
3
4
5
6
7
8
9
M
Ø5
Ø4
2,5
2,6
Ø0,3
Ø0,5
15
45°
Ø5,8
5,3
13,5
Ø0,53
Ø4,8
21
Ø5,6
Ø4,5
5,2
Ø0,4
Ø5,3
R2,3
Ø6
10
0,6
S0,6
2,7
Ø5,2
6,2
26
0,7
9
16
3
Ø12
Ø10
2,8
13
11
16,5
+
−

Таблица 4. **Основные параметры динамических головок прямого излучения**

Наименование		Частота основного резонанса, Гц	Частотная полоса, Гц	Неравном. частотной характ., дБ	Уровень характеристич чувств., дБ/м·Вт
по ГОСТ 9010—84	по ОСТ4.383.001—85				
0,1ГД-17	0,25ГДШ-2-50	450	450...3150	16	90
0,1ГД-17М	0,25ГДШ-3-8	400	450...3150	16	83
0,25ГД-10	0,5ГДШ-1-8	290	315...5000	16	91
0,25ГД-19	0,5ГДШ-2-8	290	315...5000	16	90
1ГД-50	1ГДШ-4-8	200	180...12 500	16	90
—	1ГДШ-5-4	180	200...10 000	14	90
—	1ГДШ-6-8	300	315...7100	16	92
1ГД-8А	—	140	160...10 000	14	90
1ГД-52А	—	115	100...12 500	14	90
1ГД-48	2ГДШ-2-8	120	100...10 000	12	93
—	2ГДШ-4-8	160	125...10 000	14	92
2ГД-38	3ГДШ-1-8	100	100...12 500	14	90
2ГД-40	3ГДШ-2-4;	100			
	3ГДШ-2-8	140	100...12 500	14	92
	3ГДШ-4-4;				
—	3ГДШ-4-8	100	100...12 500	14	92
	3ГДШ-7-4;				
—	3ГДШ-7-8	200	180...12 500	14	90
4ГДЕ-8Е	4ГДШ-1-4	120	125...7100	16	93,5
—	4ГДШ-5-4	175	200...10 000	14	90
3ГД-42	5ГДШ-3-8	100	100...12 250	12	92,5
3ГД-45	5ГДШ-4-4	80	80...16 000	16	90
4ГД-53	5ГДШ-5-4	150	100...12 500	14	92
3ГД-32	6ГДШ-1-4	75	80...12 500	12	92
—	6ГДШ-3-4	140	160...12 500	14	92
4ГД-35	8ГДШ-1-4	65	63...12 500	16	92
—	8ГДШ-2-4;		100...12 250	16	91
	8ГДШ-2-8	100			
10ГД-36К	10ГДШ-1-4	40	63...20 000	16	90
10ГД-36	10ГДШ-2-4	40	63...20 000	16	87,5
10ГД-30Е	20ГДН-1-8	32	63...5000	14	86
10ГД-34	25ГДН-1-4	80	63...5000	14	83
		100			
15ГД-14	25ГДН-3-4;	55	50...5000	14	84
	25ГДН-3-8	40	40...5000	12	86
15ГД-17	25ГДН-4-4				
25ГД-26Б	35ГДН-1-4;				
	35ГДН-1-8	35	40...5000	14	84
30ГД-2	75ГДН-1-4;				
	75ГДН-1-8	28	31,5...1000	12	86
—	20ГДС-1-4;				
	20ГДС-1-8	110	200...5000	12	84
15ГД-11А	20ГДС-4-8	120	200...5000	12	89
1ГД-56	1ГДВ-1-8	3000	6300...16 000	14	88
3ГД-31	5ГДВ-1-8	3000	2800...20 000	16	90
3ГД-2	6ГДВ-1-16	4500	5000...18 000	14	90
2ГД-36	6ГДВ-2-8	3000	3150...20 000	16	90
10ГД-35	10ГДВ-2-16	3000	5000...25 000	14	92
3ГД-47	4ГДВ-1-8	3000	2000...20 000	14	91
6ГД-13	6ГДВ-4-8	3000	3000...25 000	14	92
10ГИ-1-8		2000	2000...25 000	10	90

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОЛ И МАГНИТОФОНОВ ВЕДУЩИХ ИНОСТРАННЫХ ФИРМ

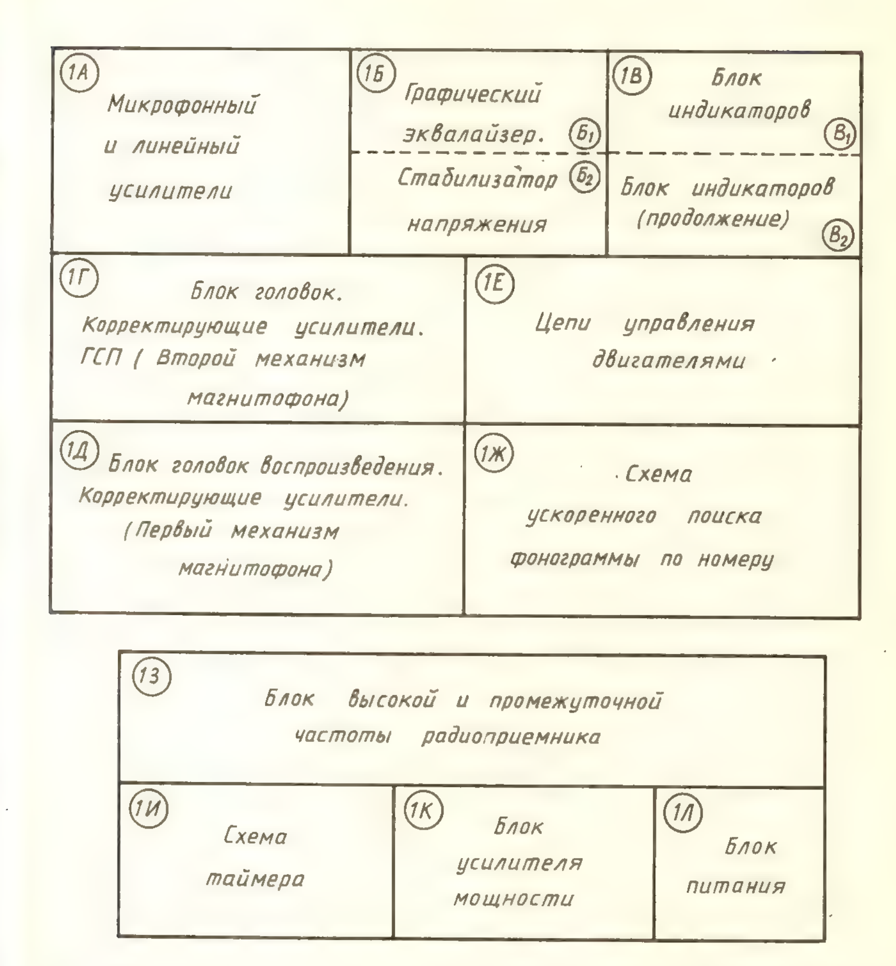
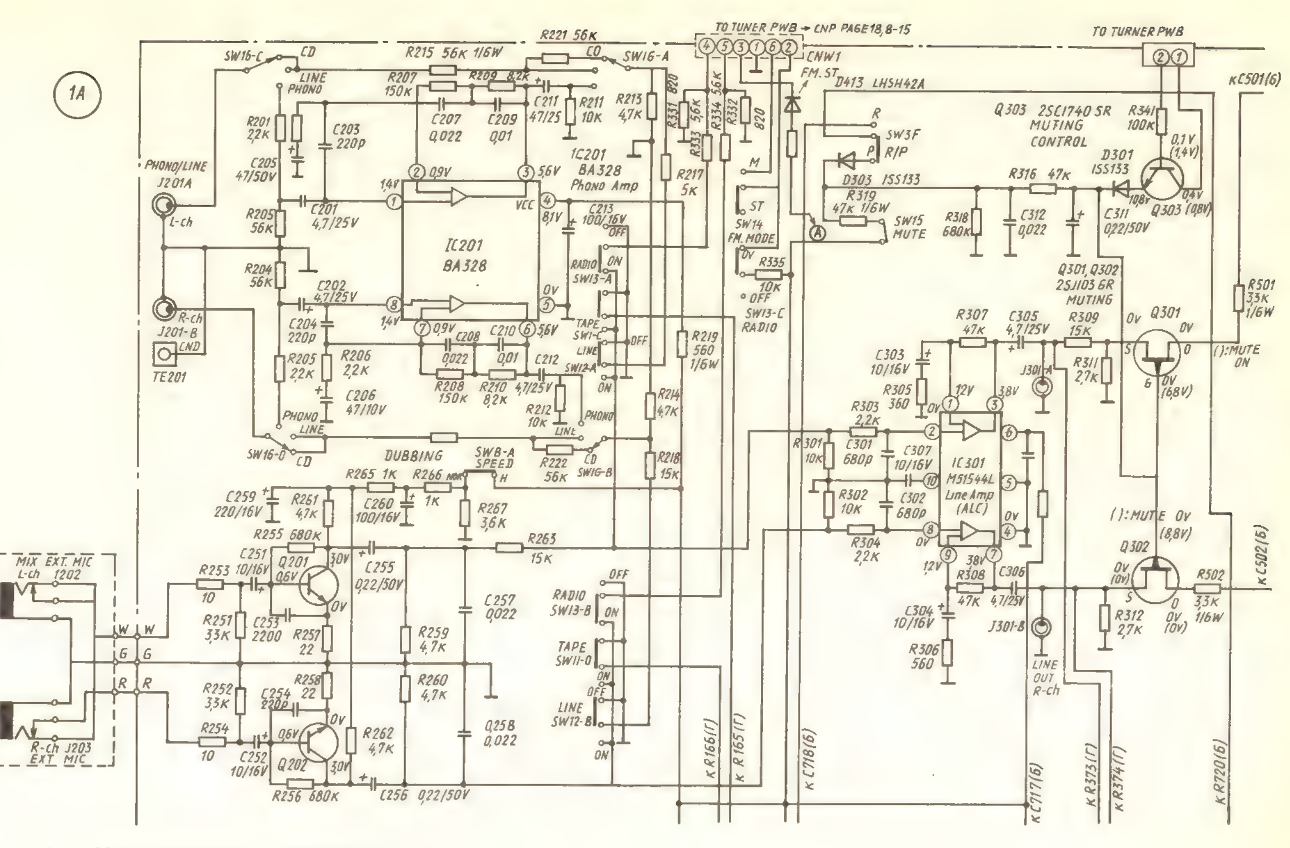
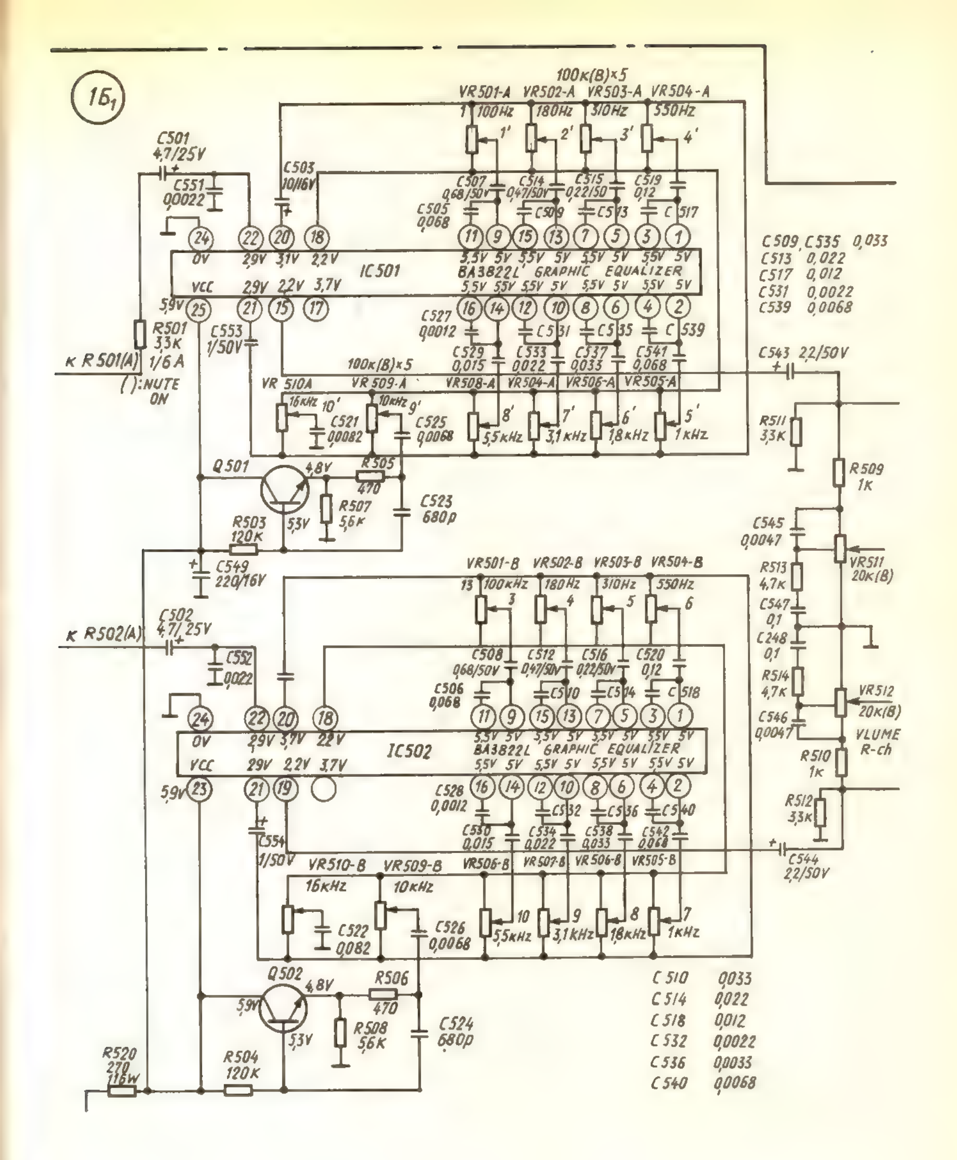


Рис. 1. Расположение блоков на принципиальной схеме магнитолы «Шарп-939»



Рис, 1, а. Микрофонный и линейный усилители



1Б1
100к(B)×5
VR501-A VR502-A VR503-A VR504-A
100Hz 180Hz 310Hz 550Hz
C501 4,7/25V
C551 0,0022
C503 10/16V
C507 0,68/50V
C514 0,47/50V
C515 0,22/50
C519 0,12
C505 0,068
C509 C513 C517
IC501
BA3822L GRAPHIC EQUALIZER
0V VCC
C509, C535 0,033
C513 0,022
C517 0,012
C531 0,0022
C539 0,0068
C527 0,0012
C529 0,015
C533 0,022
C537 0,033
C541 0,068
C531 C535 C539
R501 3,3K 1/6 A
K R501(A)
( ):NUTE ON
C553 1/50V
100к(B)×5
VR 510A VR 509-A VR508-A VR504-A VR506-A VR505-A
16kHz 10kHz 5,5kHz 3,1kHz 1,8kHz 1kHz
C521 0,0082
C525 0,0068
C543 2,2/50V
R511 3,3K
Q501
R505 470
R507 5,6K
C523 680p
R503 120K
C549 220/16V
R509 1K
C545 0,0047
VR511 20K(B)
R513 4,7K
C547 0,1
C248 0,1
R514 4,7K
C546 0,0047
VR512 20K(B)
VLUME R-ch
R510 1K
R512 3,3K
VR501-B VR502-B VR503-B VR504-B
100kHz 180Hz 310Hz 550Hz
K R502(A)
C502 4,7/25V
C552 0,022
C508 0,68/50V
C512 0,47/50V
C516 0,22/50V
C520 0,12
C506 0,068
C510 C514 C518
IC502
BA3822L GRAPHIC EQUALIZER
C528 0,0012
C532 C536 C540
C530 0,015
C534 0,022
C538 0,033
C542 0,068
C554 1/50V
C544 2,2/50V
VR510-B VR509-B VR506-B VR507-B VR506-B VR505-B
16kHz 10kHz 5,5kHz 3,1kHz 1,8kHz 1kHz
C522 0,082
C526 0,0068
Q502
R506 470
R508 5,6K
C524 680p
R520 270 1/6W
R504 120K
C510 0,033
C514 0,022
C518 0,012
C532 0,0022
C536 0,0033
C540 0,0068

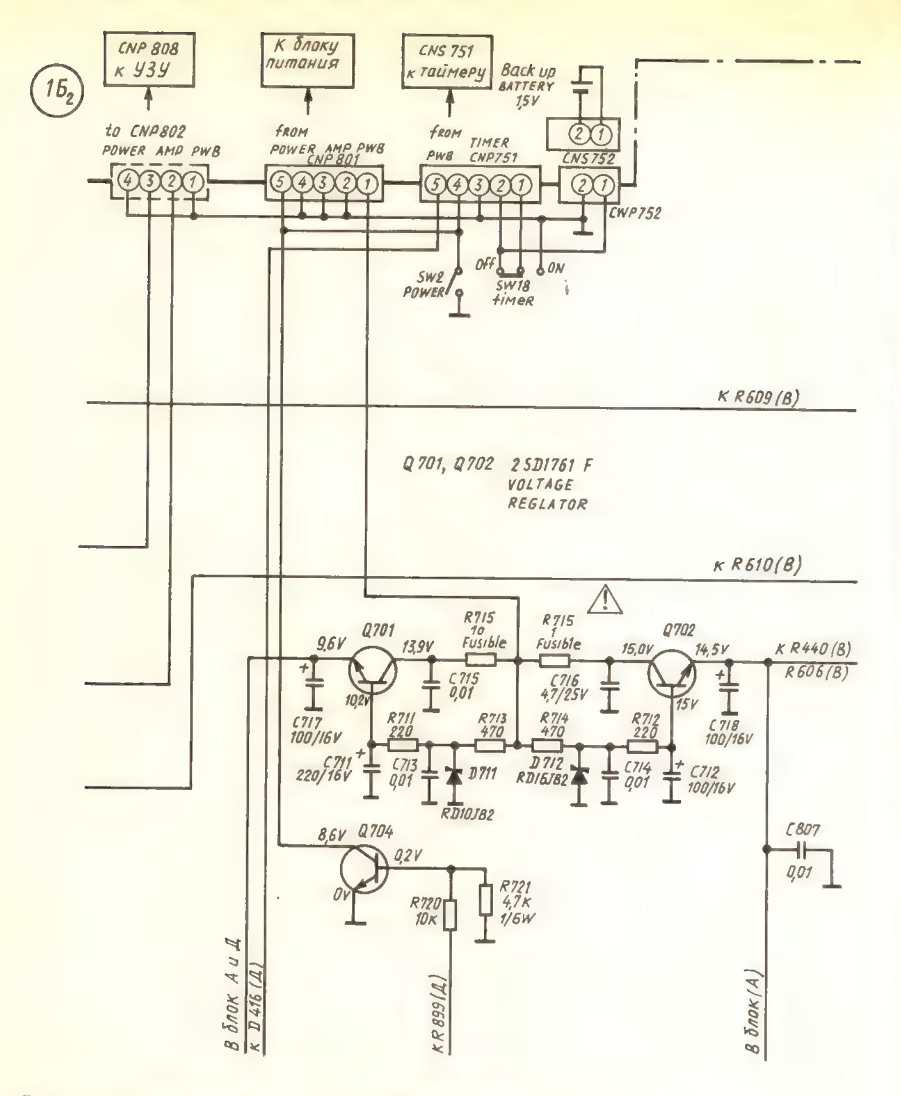
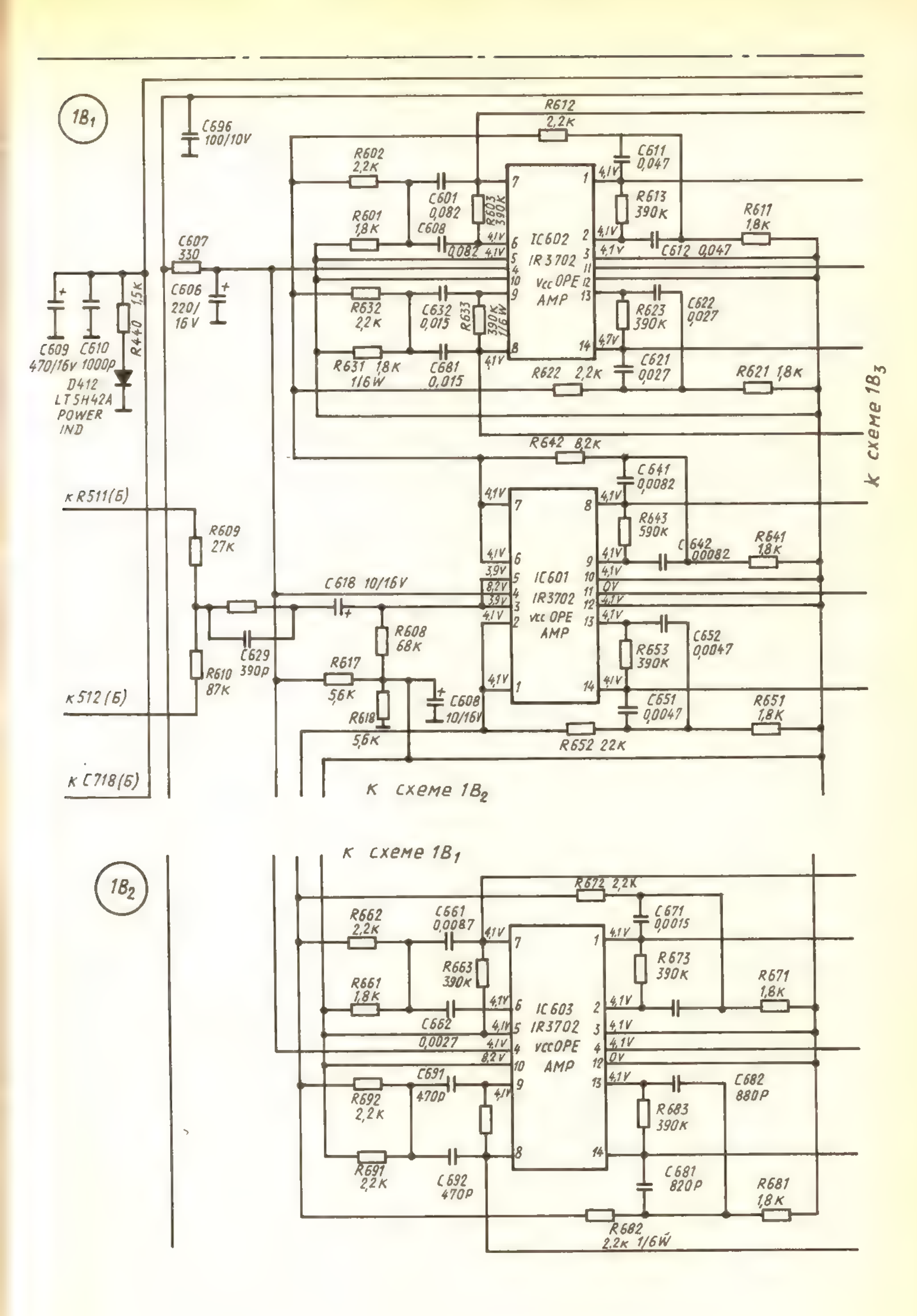
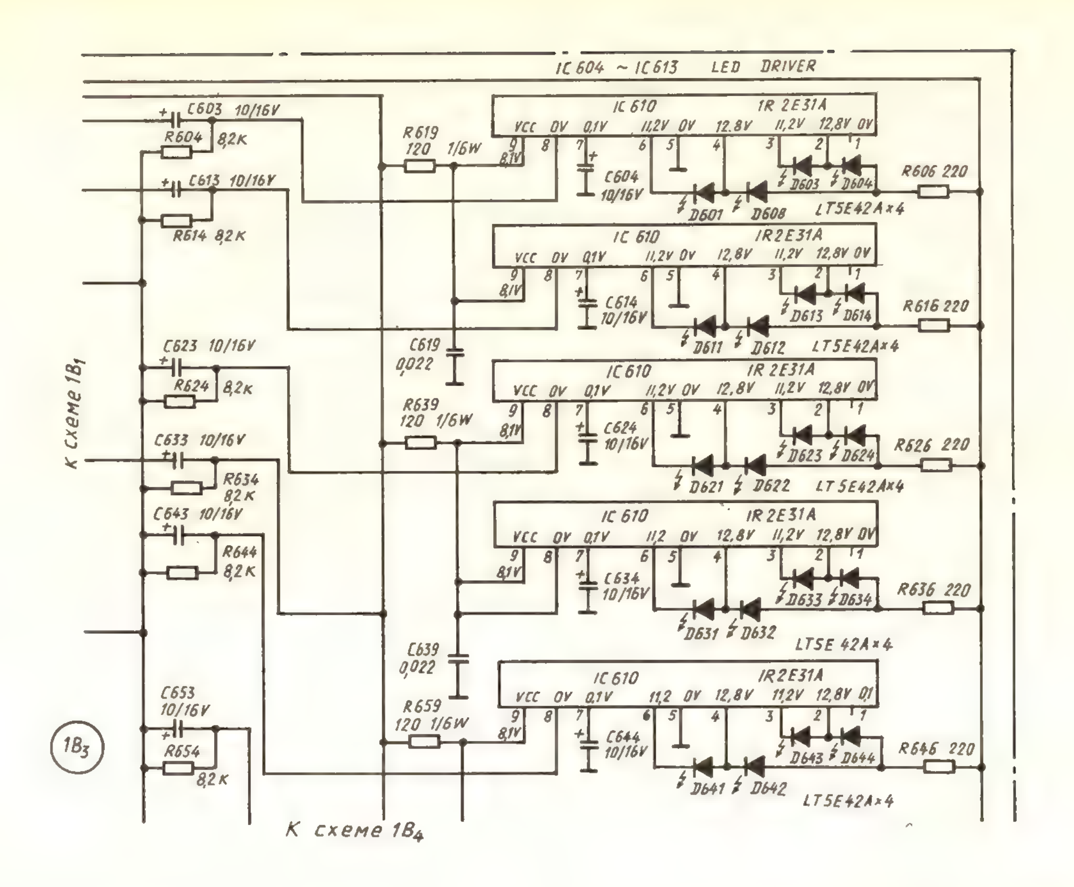


Рис. 1, б. Графический эквалайзер. Стабилизатор напряжения



1B1
C696
100/10V
R612
2,2K
R602
2,2K
C611
0,047
C601
0,082
R603
390K
R613
390K
R601
1,8K
C608
0,082
IC602
IR3702
Vcc OPE
AMP
R611
1,8K
C607
330
C612 0,047
C606
220/
16V
R440
1,5K
R632
2,2K
C632
0,015
R633
390K
1/6W
R623
390K
C622
0,027
C609
470/16V
C610
1000P
R631 1,8K
1/6W
C681
0,015
R622 2,2K
C621
0,027
R621 1,8K
D412
LT5H42A
POWER
IND
к схеме 1B3
R642 8,2K
C641
0,0082
к R511(Б)
R643
590K
R609
27K
C642 0,0082
R641
1,8K
IC601
IR3702
Vcc OPE
AMP
C618 10/16V
R608
68K
R653
390K
C652
0,0047
C629
390P
R610
87K
R617
5,6K
к 512 (Б)
R618
5,6K
C608
10/16V
C651
0,0047
R651
1,8K
R652 22K
к C718(Б)
к схеме 1B2
к схеме 1B1
1B2
R672 2,2K
R662
2,2K
C661
0,0087
C671
0,0015
R663
390K
R673
390K
R661
1,8K
R671
1,8K
IC603
IR3702
VccOPE
AMP
C662
0,0027
C691
470P
C682
880P
R692
2,2K
R683
390K
R691
2,2K
C692
470P
C681
820P
R681
1,8K
R682
2,2K 1/6W



IC 604 ~ IC 613 LED DRIVER
IC 610
IR2E31A
VCC
0V
0,1V
11,2V
12,8V
C603 10/16V
R604 8,2K
C613 10/16V
R614 8,2K
C623 10/16V
R624 8,2K
C633 10/16V
R634 8,2K
C643 10/16V
R644 8,2K
C653 10/16V
R654 8,2K
R619 120 1/6W
C619 0,022
R639 120 1/6W
C639 0,022
R659 120 1/6W
8,1V
C604 10/16V
C614 10/16V
C624 10/16V
C634 10/16V
C644 10/16V
D601
D603
D604
D608
D611
D612
D613
D614
D621
D622
D623
D624
D631
D632
D633
D634
D641
D642
D643
D644
R606 220
R616 220
R626 220
R636 220
R646 220
LT5E42A×4
К схеме 1B1
К схеме 1B4
1B3

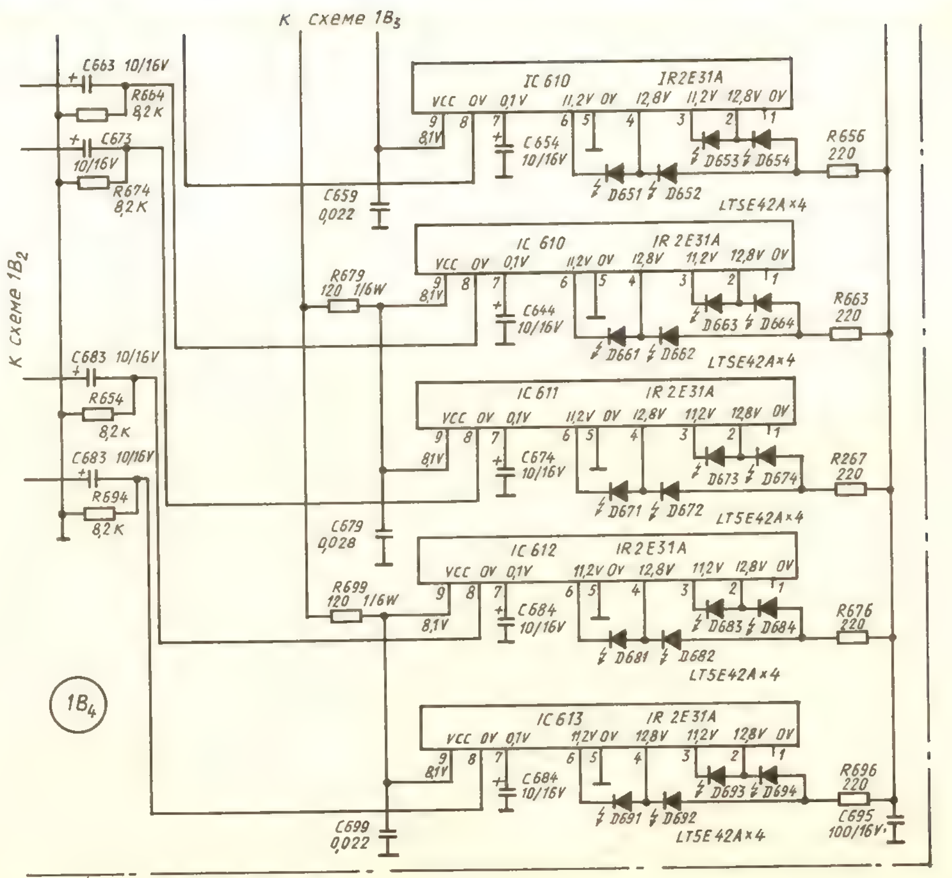
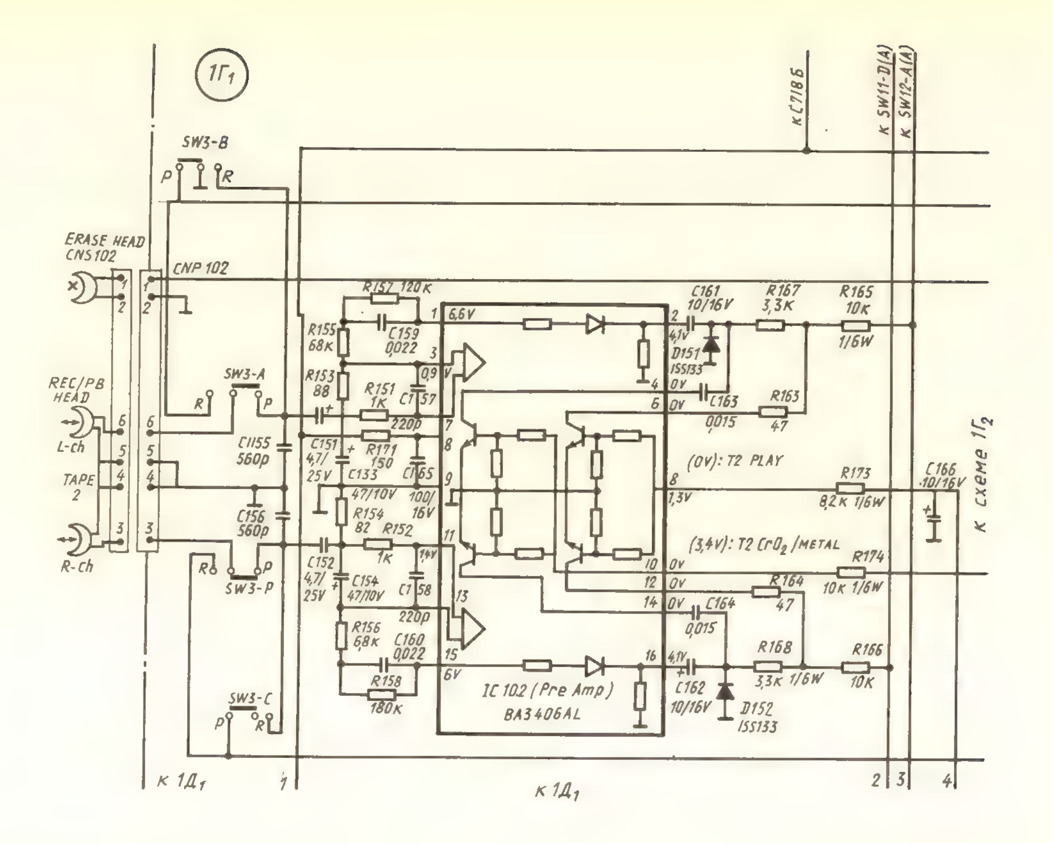


Рис. 1, в. Блок индикаторов



1Г1
SW3-B
ERASE HEAD
CNS102
CNP 102
REC/PB
HEAD
L-ch
TAPE
2
R-ch
SW3-A
SW3-P
SW3-C
C1155
560p
C156
560p
R157 120K
R155
68K
C159
0,022
R153
88
R151
1K
C1 57
220p
C151
4,7/
25V
R171
150
C133
47/10V
C1 65
100/
16V
R154
82
R152
1K
C152
4,7/
25V
C154
47/10V
C1 58
220p
R156
68K
C160
0,022
R158
180K
IC 102 (Pre Amp)
BA3406AL
C161
10/16V
D151
1SS133
C163
0,015
R167
3,3K
R163
47
R165
10K
1/6W
(0V): T2 PLAY
R173
8,2K 1/6W
(3,4V): T2 CrO2 /METAL
R174
10K 1/6W
R164
47
C164
0,015
R168
3,3K 1/6W
R166
10K
C162
10/16V
D152
1SS133
C166
10/16V
К C718Б
К SW11-D(A)
К SW12-A(A)
К схеме 1Г2
К 1Д1

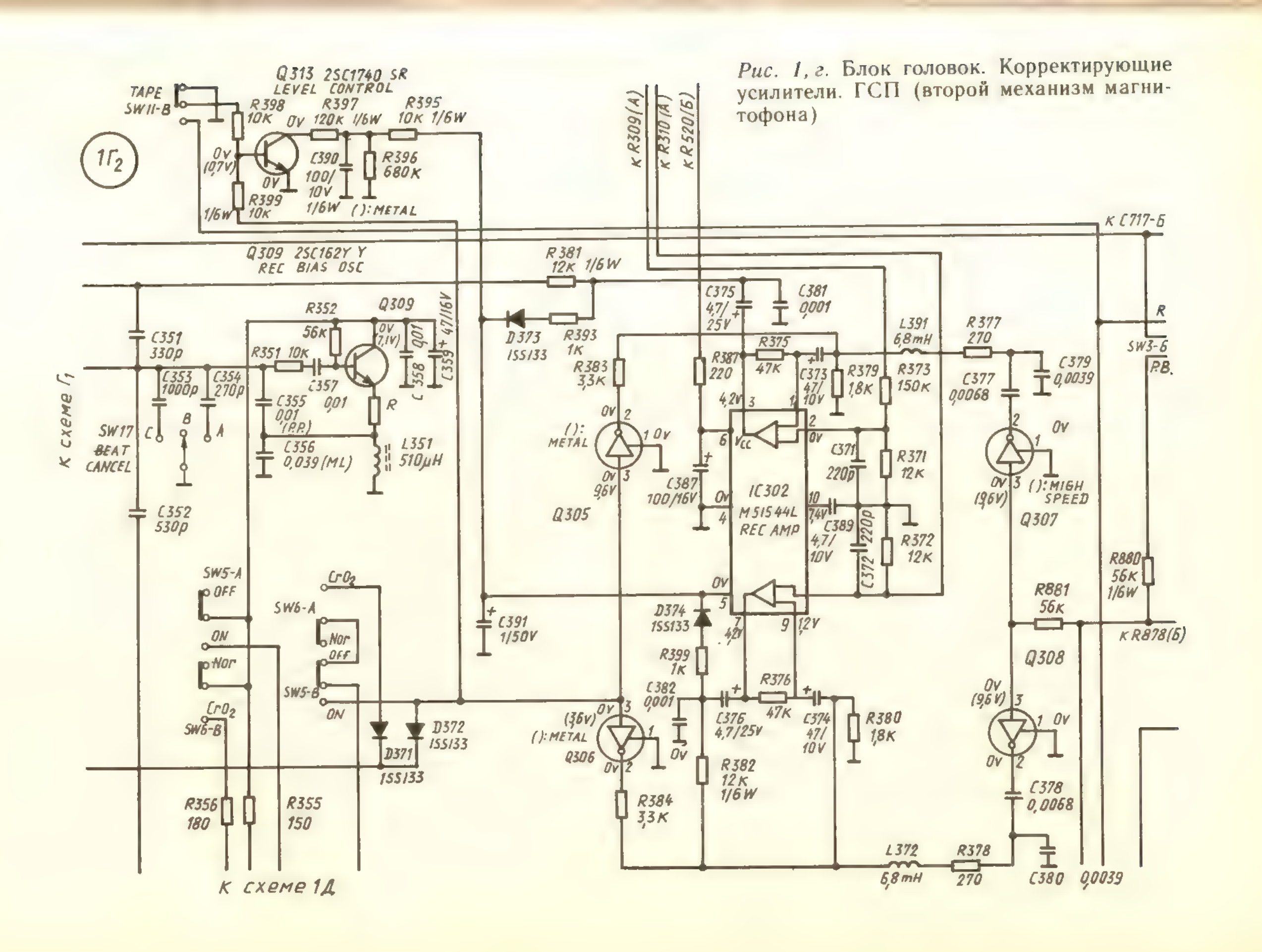
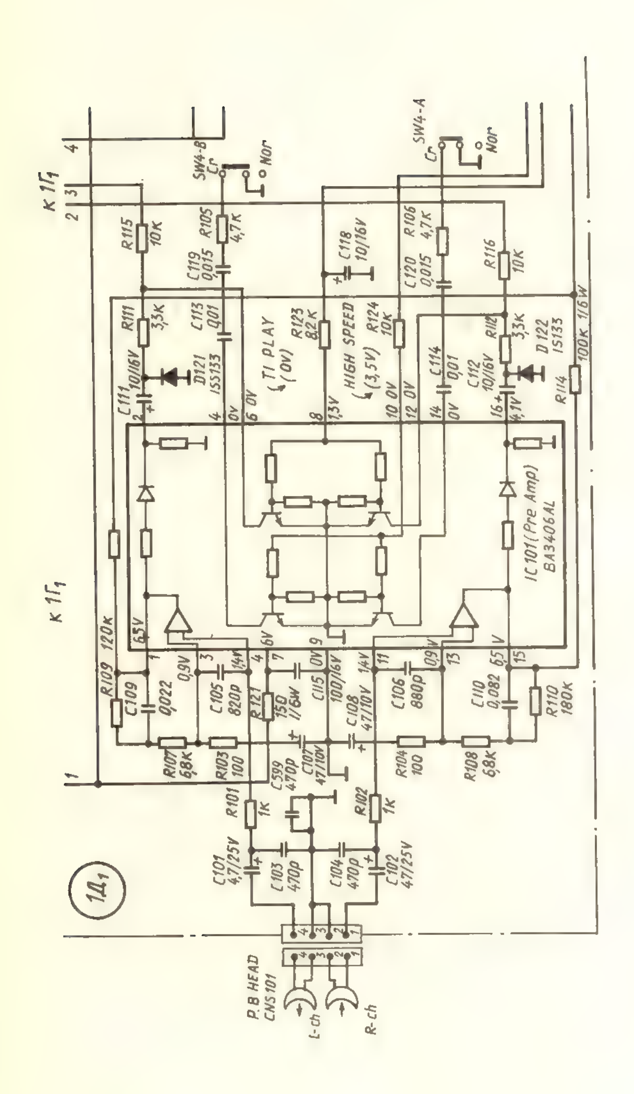


Рис. 1, г. Блок головок. Корректирующие усилители. ГСП (второй механизм магнитофона)


К 1Г1
1Д1
P.B HEAD
CNS101
L-ch
R-ch
SW4-B
SW4-A
Cr
Nor
IC101 (Pre Amp)
BA3406AL
T1 PLAY (0V)
HIGH SPEED (3,5V)
R101 1K
R102 1K
C101 4,7/25V
C102 4,7/25V
C103 470p
C104 470p
C599 470p
C107 47/10V
C108 47/10V
R103 100
R104 100
R107 68K
R108 68K
R109 120K
R110 180K
C109 0,022
C110 0,082
C105 820p
C106 880p
R121 150 1/6W
C115 100/16V
R111 3,3K
R112 3,3K
C111 10/16V
C112 10/16V
D121 1SS133
D122 1SS133
C113 0,01
C114 0,01
R115 10K
R116 10K
C119 0,015
C120 0,015
R105 4,7K
R106 4,7K
C118 10/16V
R123 8,2K
R124 10K
R114 100K 1/6W

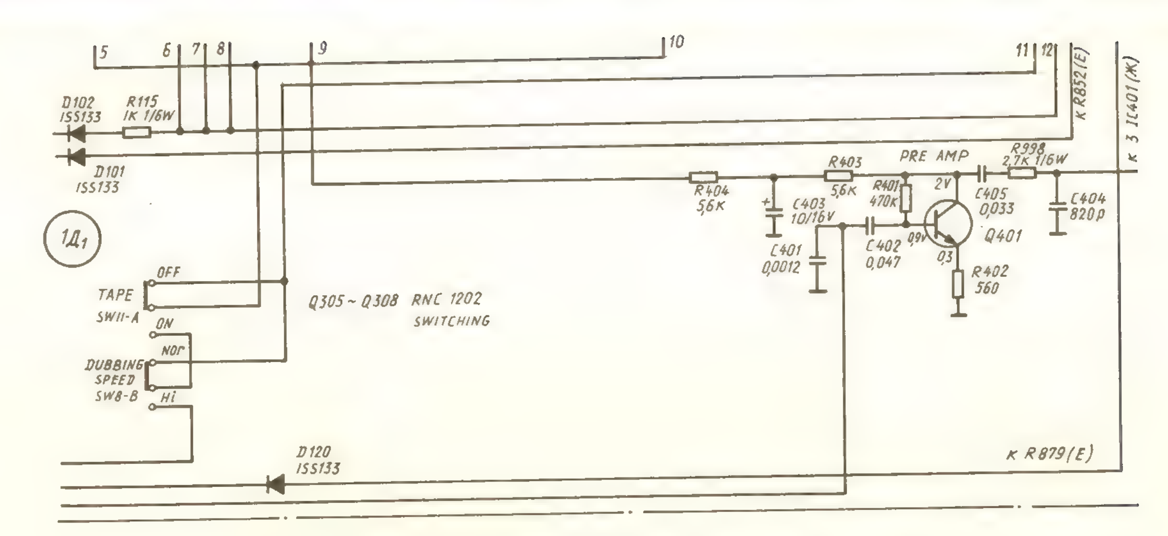


Рис. 1, д. Блок головок воспроизведения. Корректирующие усилители (первый механизм магнитофона)

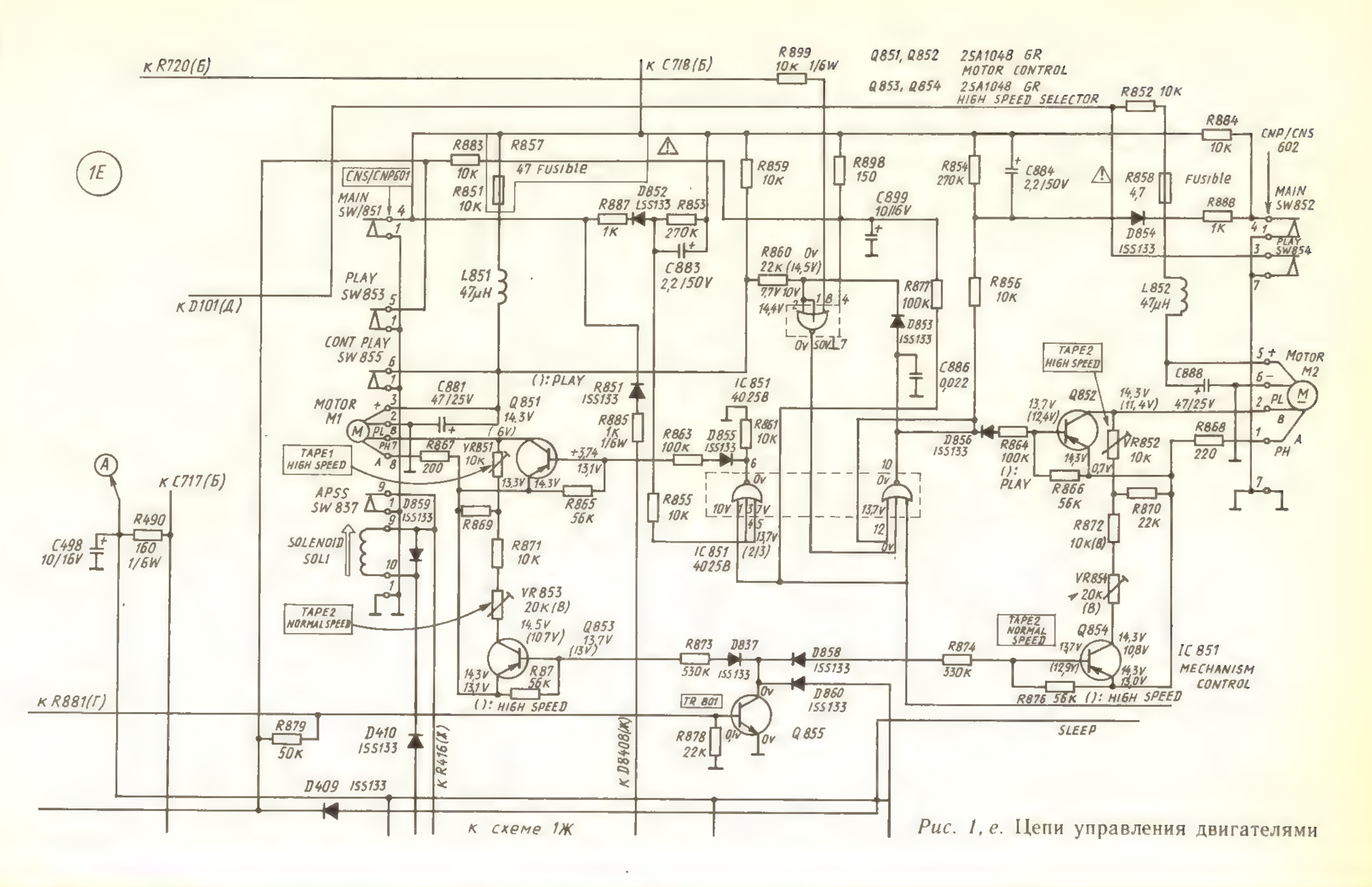


Рис. 1, е. Цепи управления двигателями

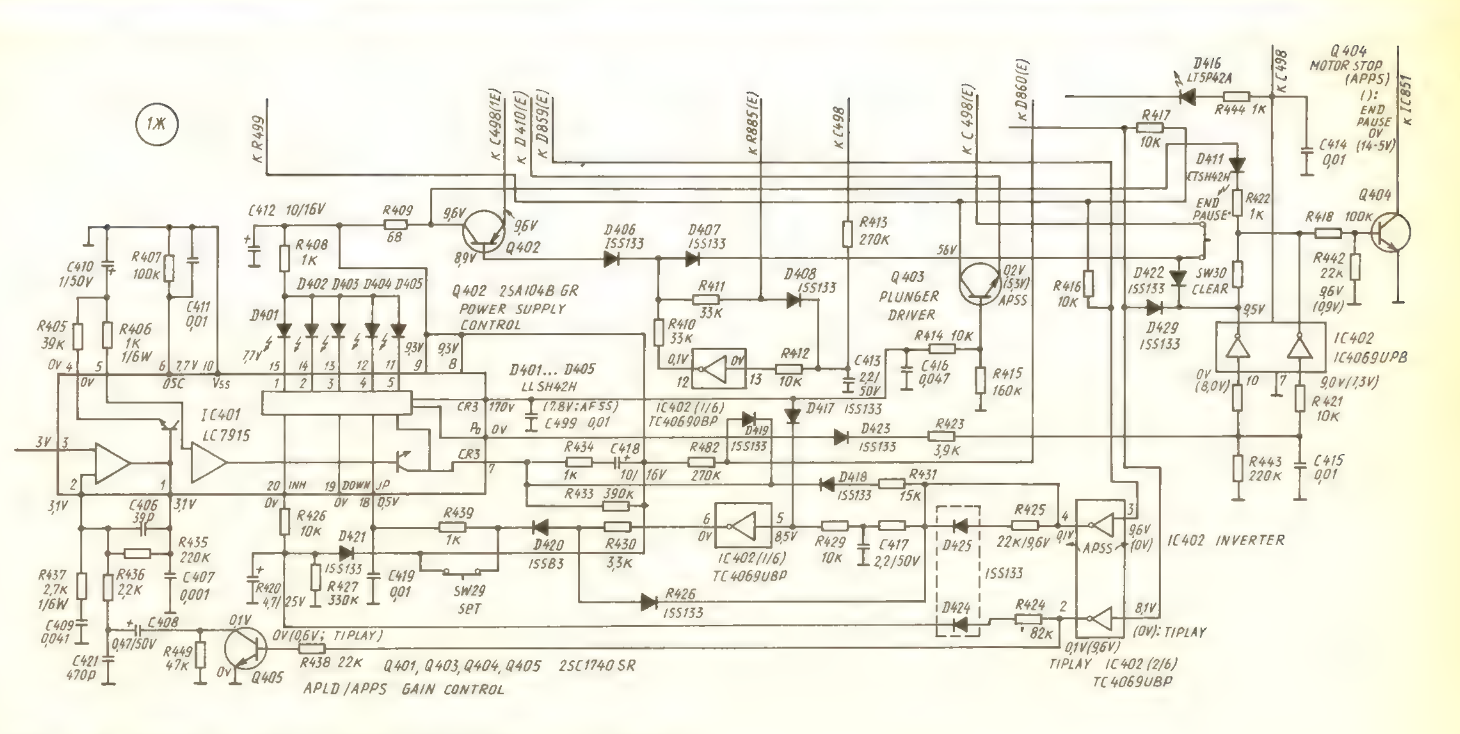
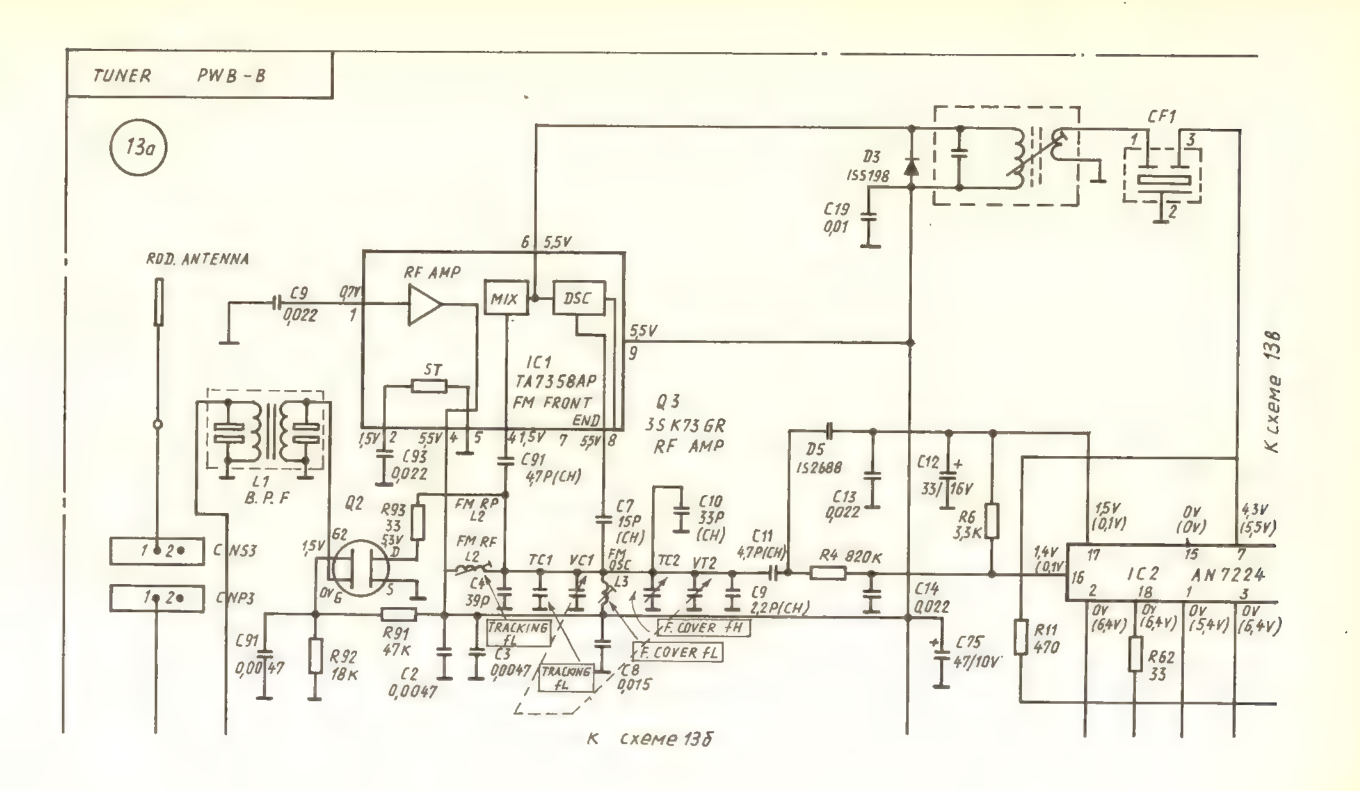
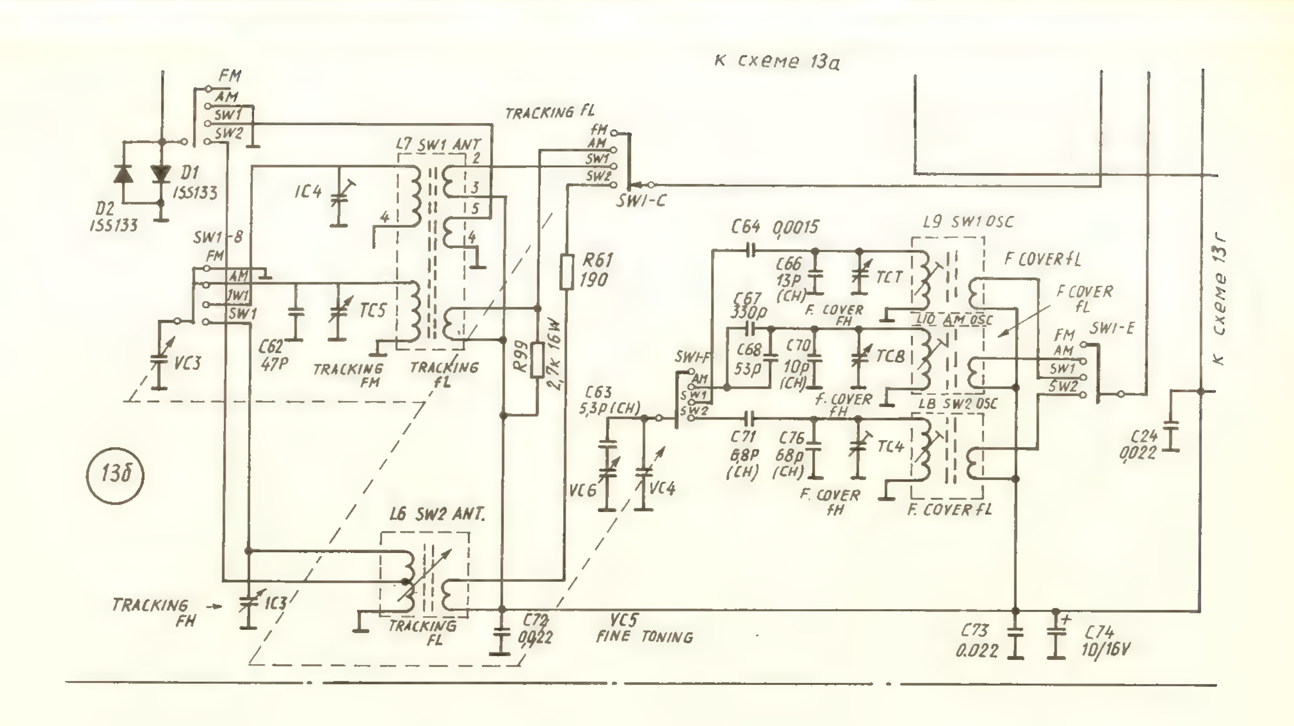
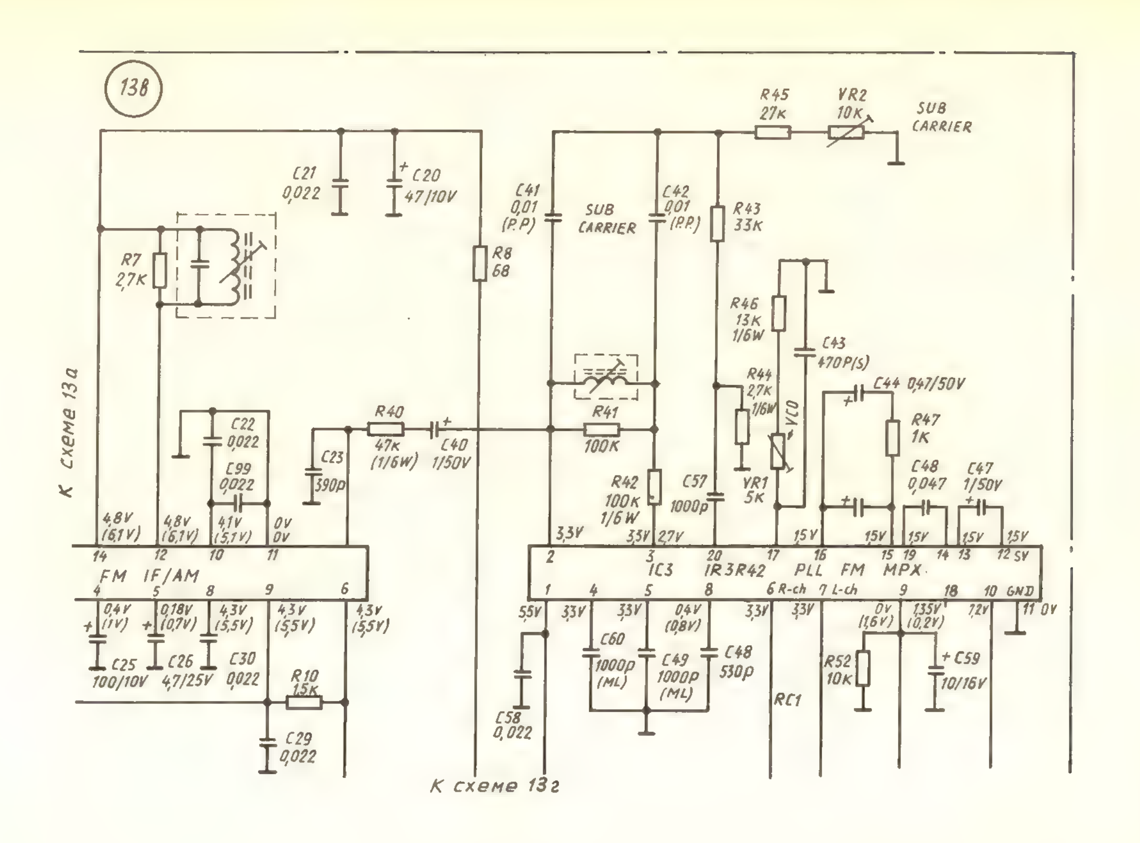


Рис. 1, ж. Схема ускоренного поиска фонограммы по ее номеру


TUNER
PWB-B
13a
ROD. ANTENNA
CNS3
CNP3
L1
B.P.F
C9
0,022
RF AMP
MIX
DSC
ST
IC1
TA7358AP
FM FRONT END
Q3
3SK73GR
RF AMP
Q2
R93
33
R91
47K
R92
18K
C91
0,0047
C2
0,0047
C93
0,022
C91
47P(CH)
FM RP
L2
FM RF
L2
C4
39P
C3
0,0047
TRACKING FL
TC1
VC1
FM OSC
L3
C7
15P
(CH)
C8
0,015
TC2
VT2
F. COVER FH
F. COVER FL
C10
33P
(CH)
C9
2,2P(CH)
C11
4,7P(CH)
R4 820K
D5
1S2688
C13
0,022
C12
33/16V
R6
3,3K
C14
0,022
C75
47/10V
R11
470
D3
1SS198
C19
0,01
CF1
IC2
AN7224
R62
33
К схеме 13в
К схеме 13б



К схеме 13а
К схеме 13г
13б
FM
AM
SW1
SW2
D1 1SS133
D2 1SS133
SW1-B
L7 SW1 ANT
IC4
TC5
C62 47P
VC3
TRACKING FM
TRACKING fL
TRACKING FL
SW1-C
R61 190
R99 2,7k 16W
L6 SW2 ANT.
TRACKING FH
IC3
C72 0,022
VC5 FINE TONING
C63 5,3p (CH)
VC6
VC4
SW1-F
C64 0,0015
C66 13P (CH)
C67 330p
C68 53p
C70 10p (CH)
C71 88P (CH)
C76 68p (CH)
TC7
TC8
TC4
F. COVER FH
L9 SW1 OSC
L10 AM OSC
L8 SW2 OSC
F COVER fL
F. COVER fL
SW1-E
C24 0,022
C73 0.022
C74 10/16V



13в
К схеме 13а
К схеме 13г
R45 27K
VR2 10K
SUB CARRIER
C21 0,022
C20 47/10V
C41 0,01 (P.P)
SUB CARRIER
C42 0,01 (P.P)
R43 33K
R7 2,7K
R8 68
R46 13K 1/16W
C43 470P(S)
R44 2,7K 1/16W
C44 0,47/50V
R41 100K
R40 47K (1/16W)
C40 1/50V
C22 0,022
C99 0,022
C23 390P
R47 1K
VCO
R42 100K 1/16W
C57 1000P
VR1 5K
C48 0,047
C47 1/50V
FM IF/AM
IC3 IR3R42 PLL FM MPX
GND
C25 100/10V
C26 4,7/25V
C30 0,022
R10 1,5K
C29 0,022
C58 0,022
C60 1000P (ML)
C49 1000P (ML)
C48 530P
RC1
R52 10K
C59 10/16V

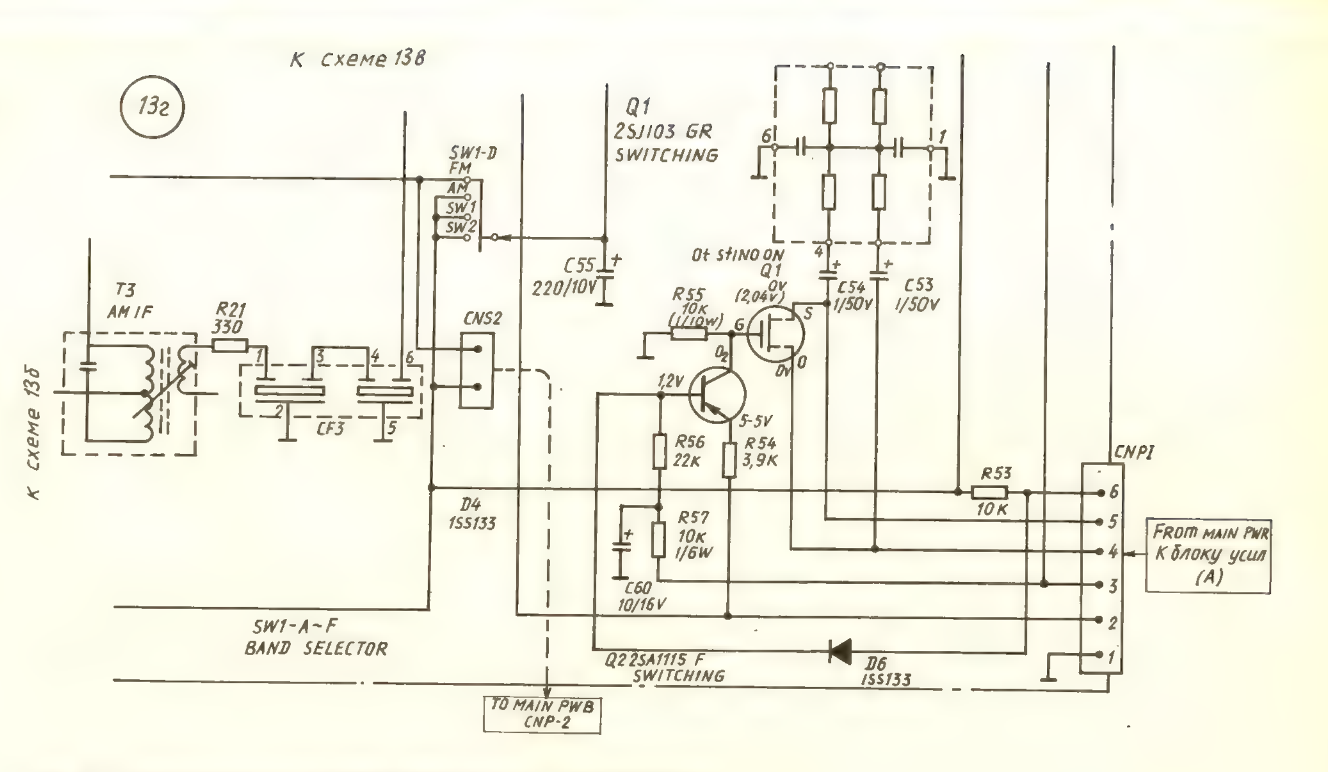


Рис. 1, з. Блок высокой и промежуточной частоты радиоприемника

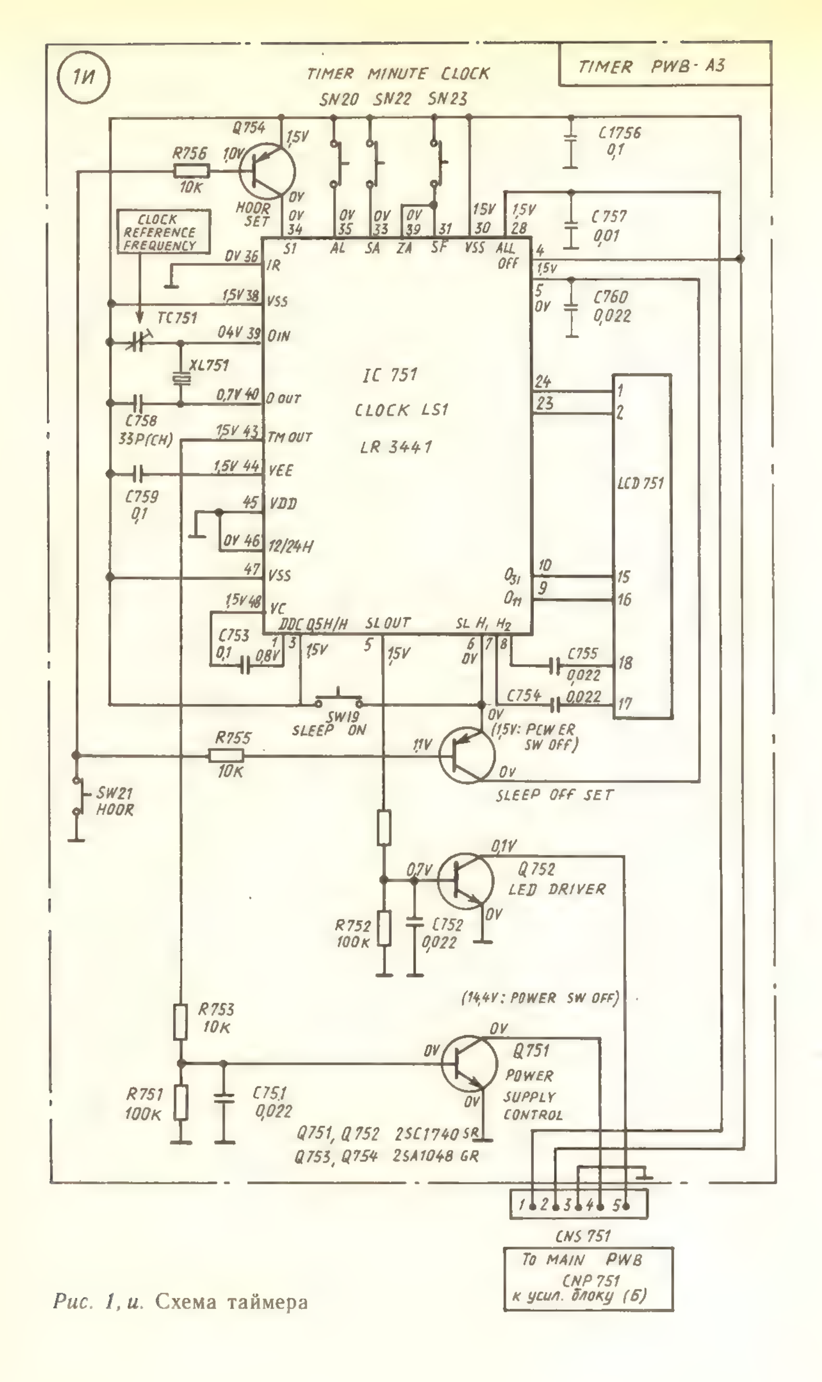


Рис. 1, и. Схема таймера

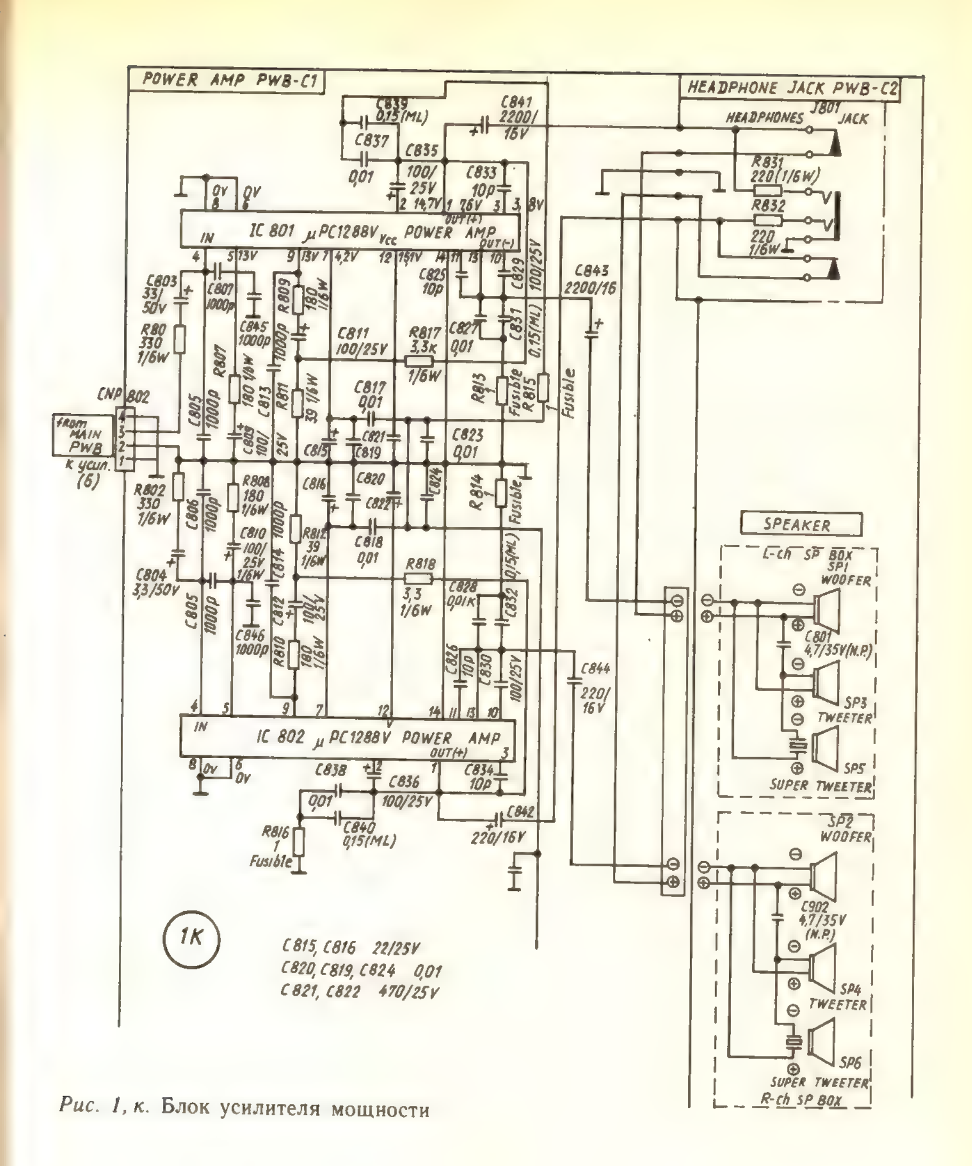


Рис. 1, к. Блок усилителя мощности

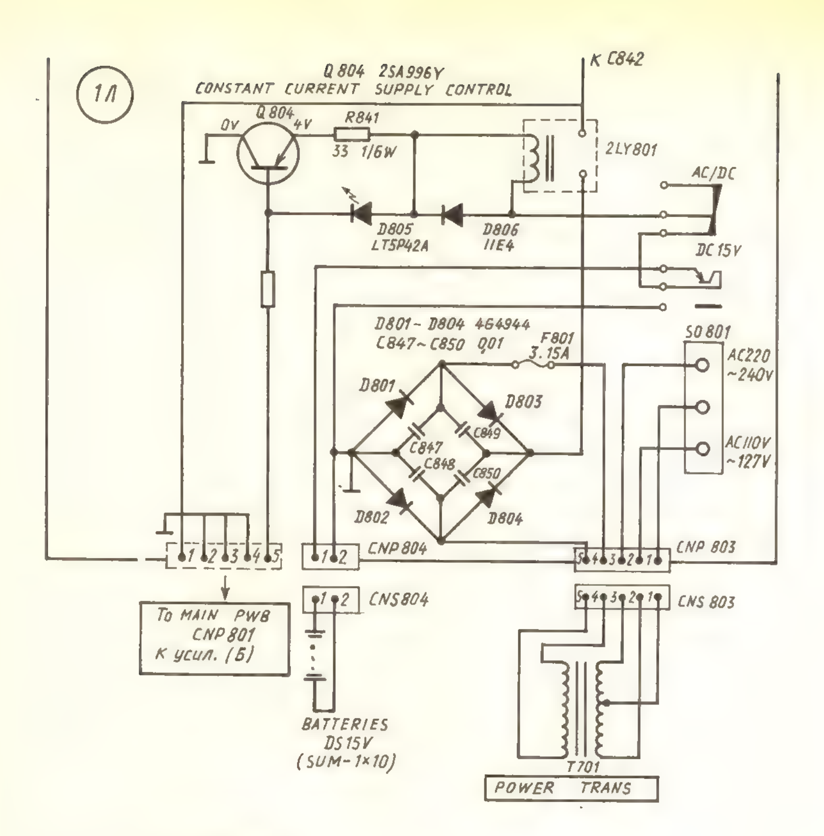


Рис. 1, л. Блок питания

Назначение переключателей
на схеме магнитолы „ Шарп 939"

REF. NO	DISCRIPTION	POSITION
SW1	BAND SELECTION	FM-AM-SW_1-SW_2
SW2	POWER	ON-OFF/SLEEP
SW3	REC/PB SELECTOR	REC-PB
SW4	TAPE1 TAPE SELECTOR	CrO_2-NORMAL
SW5	TAPE2 TAPE SELECTOR	METAL-OFF
SW6	DUBBING SPEED	HIGH-NORMAL
SW H~B	FUNCTION SELECTOR	TAPE-PHONO/CO/LINE
·SW 14	FM MODE	MONO-STEREO
SW 15	MUTE	ON-OFF
SW 16	INPUT SELECTOR	PHONO-LINE-CD
SW 17	BEAT CANCEL	A-B-C
SW 18	TIMER	ON-OFF
SW 19	SLEEP	ON-OFF
SW 20	TIMER	ON-OFF
SW 21	HOUR	ON-OFF
SW 22	MINUTE	ON-OFF
SW 23	CLOCK	ON-OFF
SW 29	APLD/APPSSET	ON-OFF
SW 30	APLD/APPS CLER	ON-OFF
SW 851	TAPE1 MAIN	ON-OFF
SW852	TAPE2 MAIN	ON-OFF
SW853	TAPE1 PLAY	ON-OFF
SW854	TAPE2 PLAY	ON-OFF
SW855	CONT PLAY	ON-OFF
SW 857	APSS	ON-OFF
SW6	TAPE2 TAPE SELECTOR	CrO_2-NORMAL

Рис. 1, м. Микросхема AN7224

Рис. 1, н. Микросхема IR2E31A

BA3822L

L- левый канал
R- правый канал

CH3 L R · CH4 L R · R Вых · R Вых · R Вх · Корпус GND

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24

BIAS

1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23

R L CH2 · CH1 · L Вых · L Вых · L Вход · Ucc

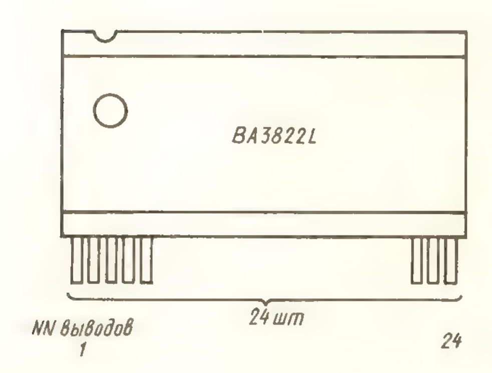
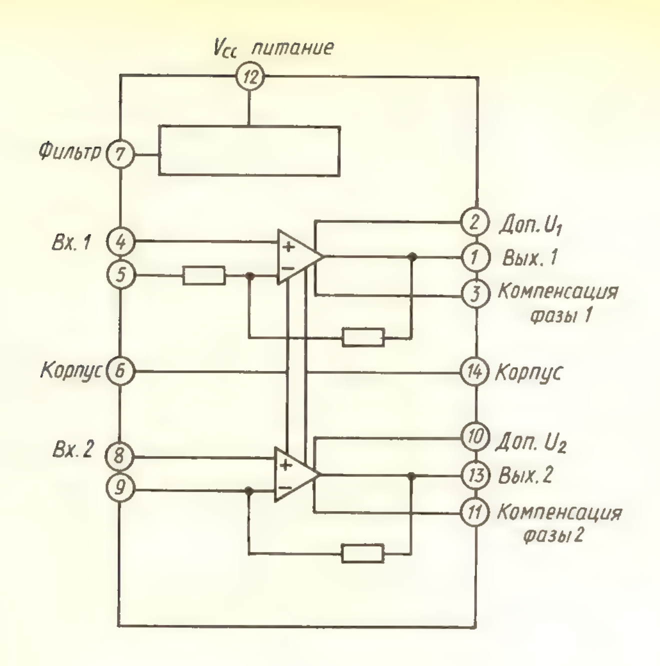


Рис. 1, о. Микросхема BA3822L



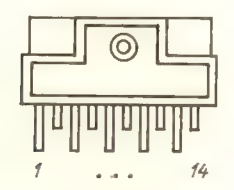


Рис. 1, п. Микросхема μPC1288V

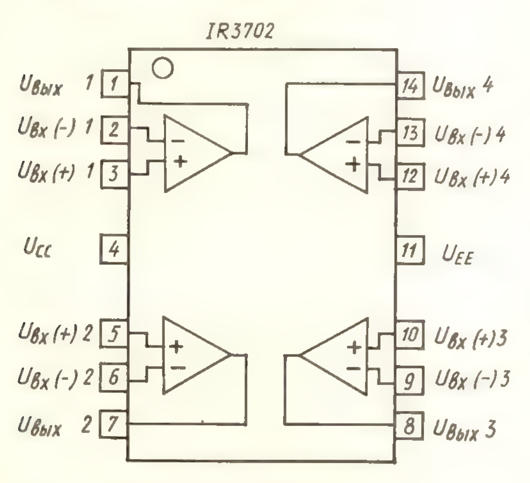


Рис. 1, р. Микросхема IR3702

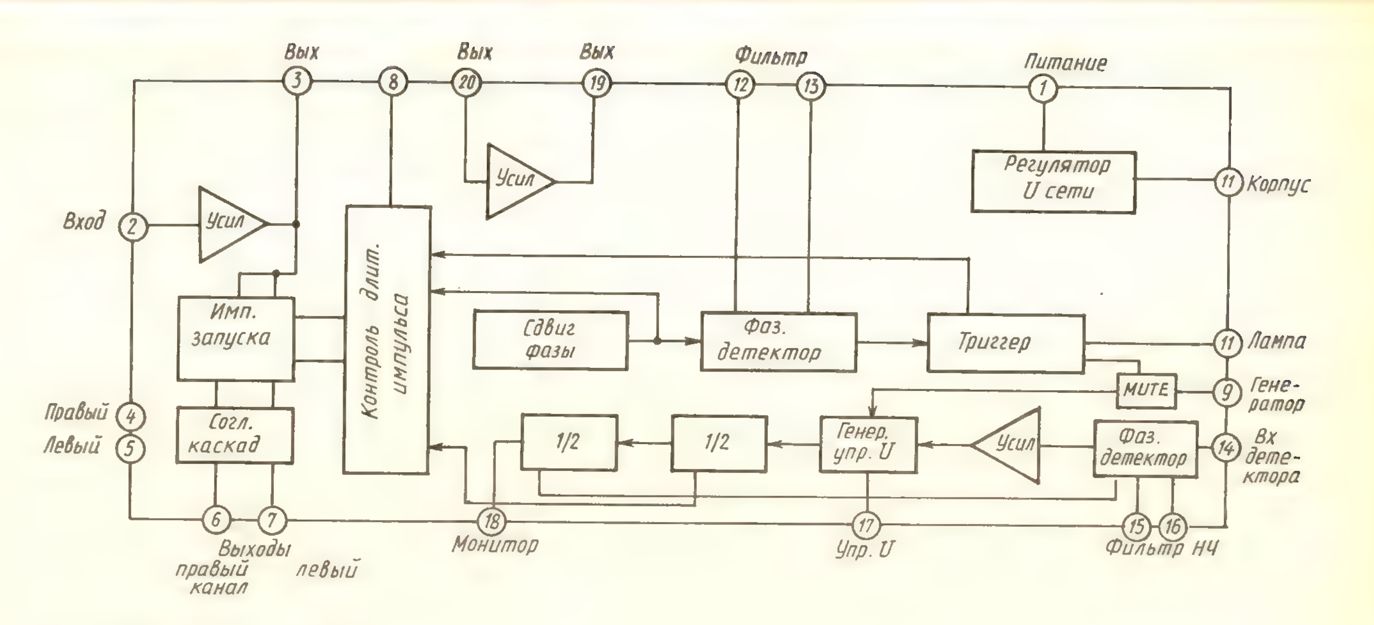


Рис. 1, с. Микросхема IR3R42

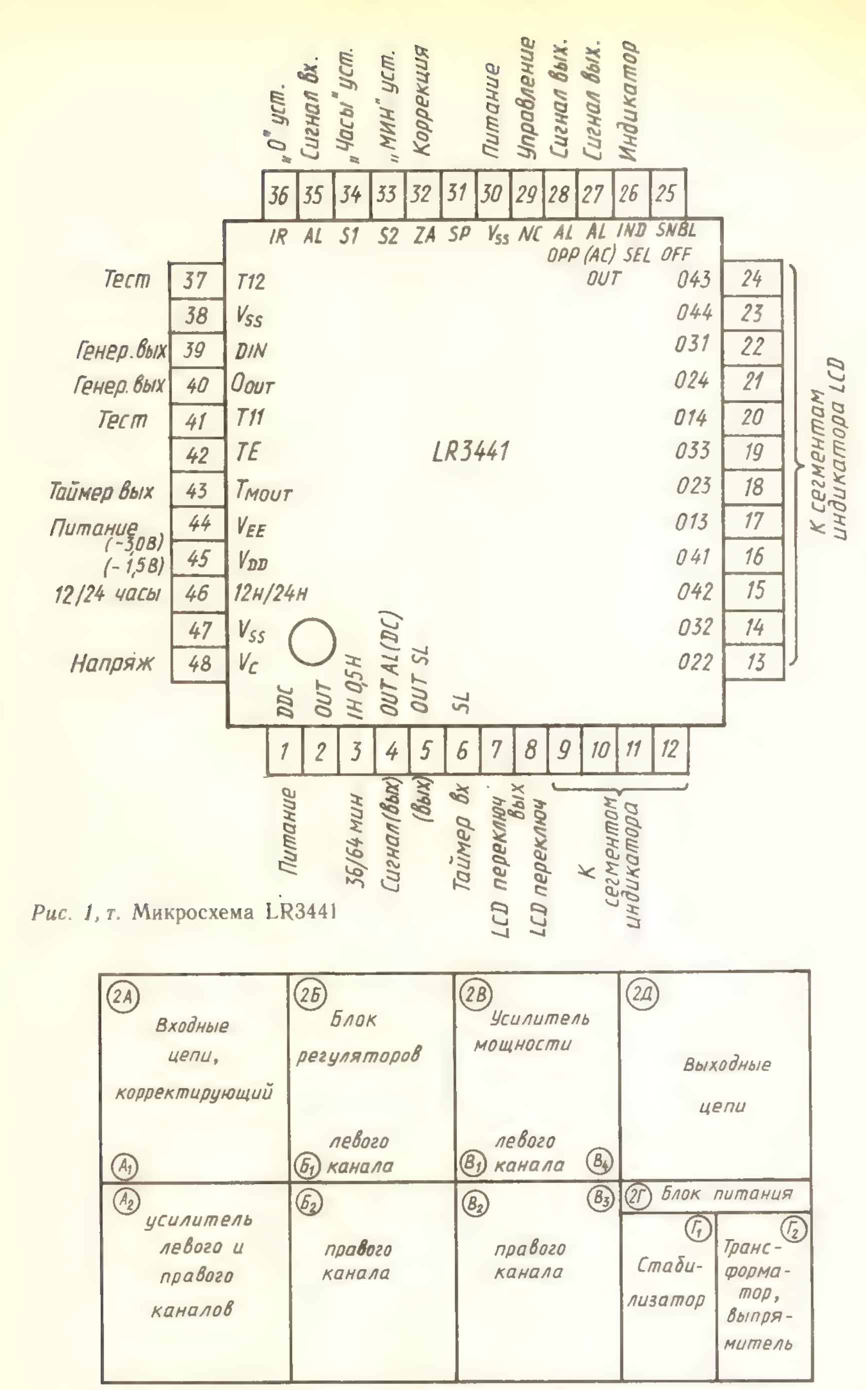
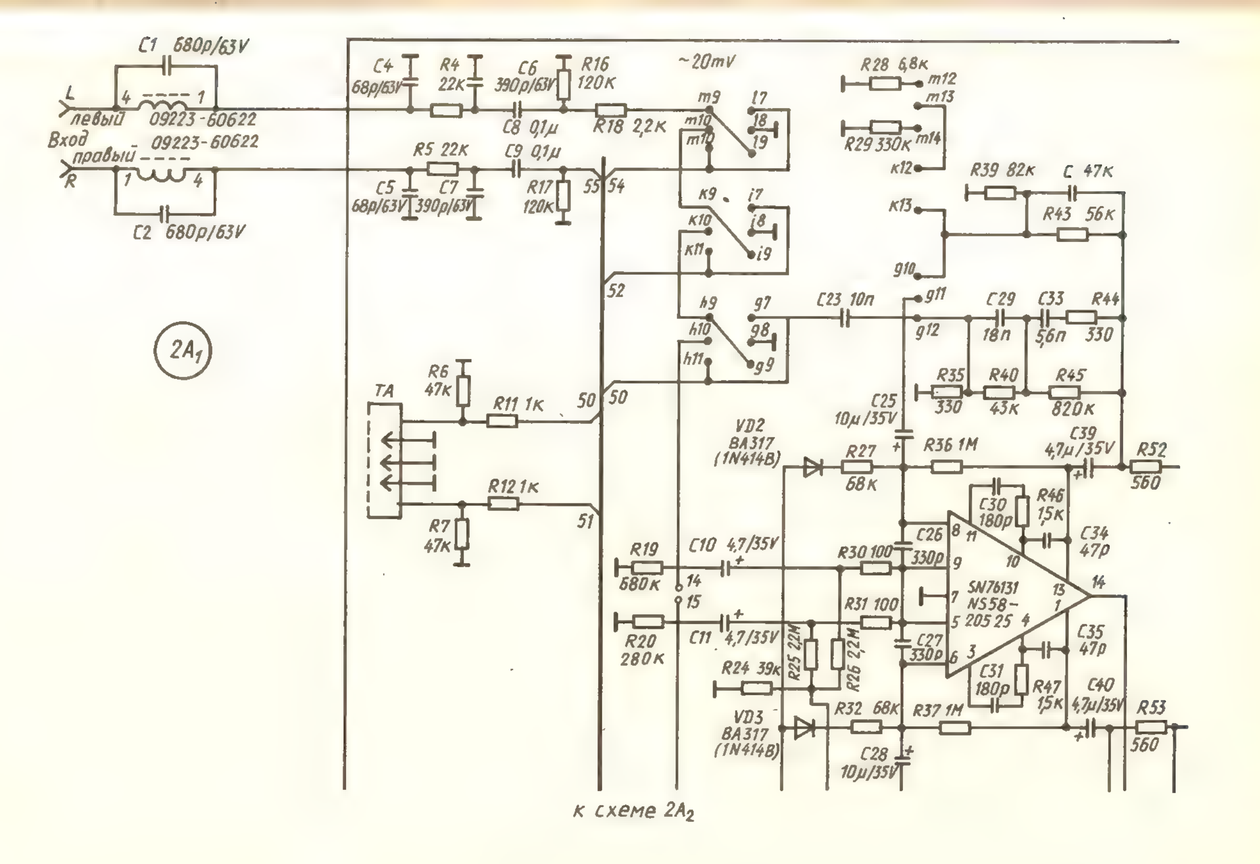


Рис. 1, т. Микросхема LR3441

Рис. 2. Расположение блоков на принципиальной схеме усилительного блока музыкального центра « GRUNDIG RPC500»



Вход
левый
правый
L
R
C1 680p/63V
C2 680p/63V
09223-60622
09223-60622
2A1
~20mV
TA
C4 68p/63V
R4 22K
C6 390p/63V
R16 120K
C8 0,1µ
R18 2,2K
R5 22K
C9 0,1µ
C5 68p/63V
C7 390p/63V
R17 120K
R6 47K
R11 1K
R12 1K
R7 47K
R28 6,8K
R29 330K
R39 82K
C 47K
R43 56K
C23 10n
C29 18n
C33 5,6n
R44 330
R35 330
R40 43K
R45 820K
C25 10µ/35V
VD2 BA317 (1N414B)
R27 68K
R36 1M
C39 4,7µ/35V
R52 560
C30 180p
R46 1,5K
C34 47p
C26 330p
R19 680K
C10 4,7/35V
R30 100
R31 100
R20 280K
C11 4,7/35V
C27 330p
R25 2,2M
R26 2,2M
R24 39K
SN76131
NS58-
20525
C35 47p
C31 180p
R47 1,5K
C40 4,7µ/35V
R53 560
VD3 BA317 (1N414B)
R32 68K
R37 1M
C28 10µ/35V
к схеме 2A2

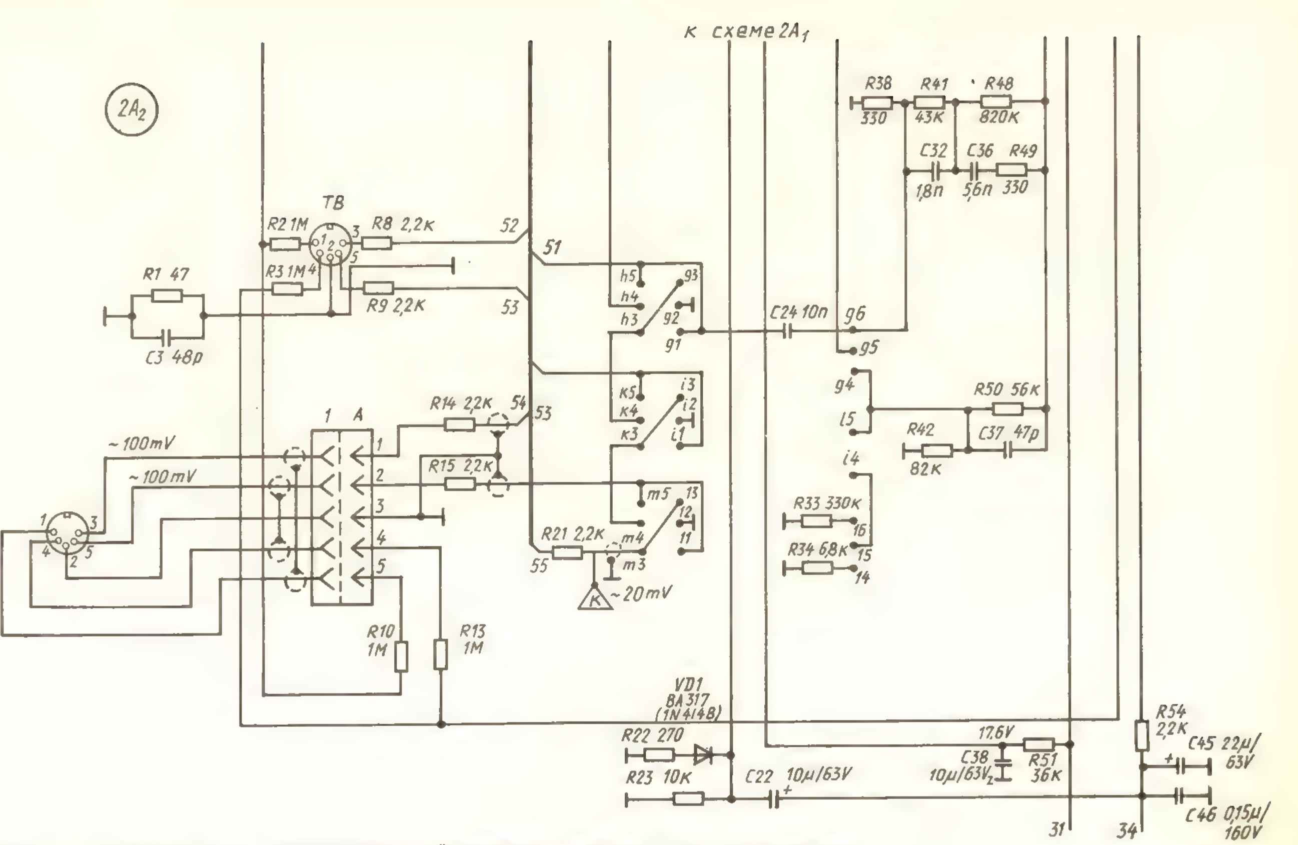
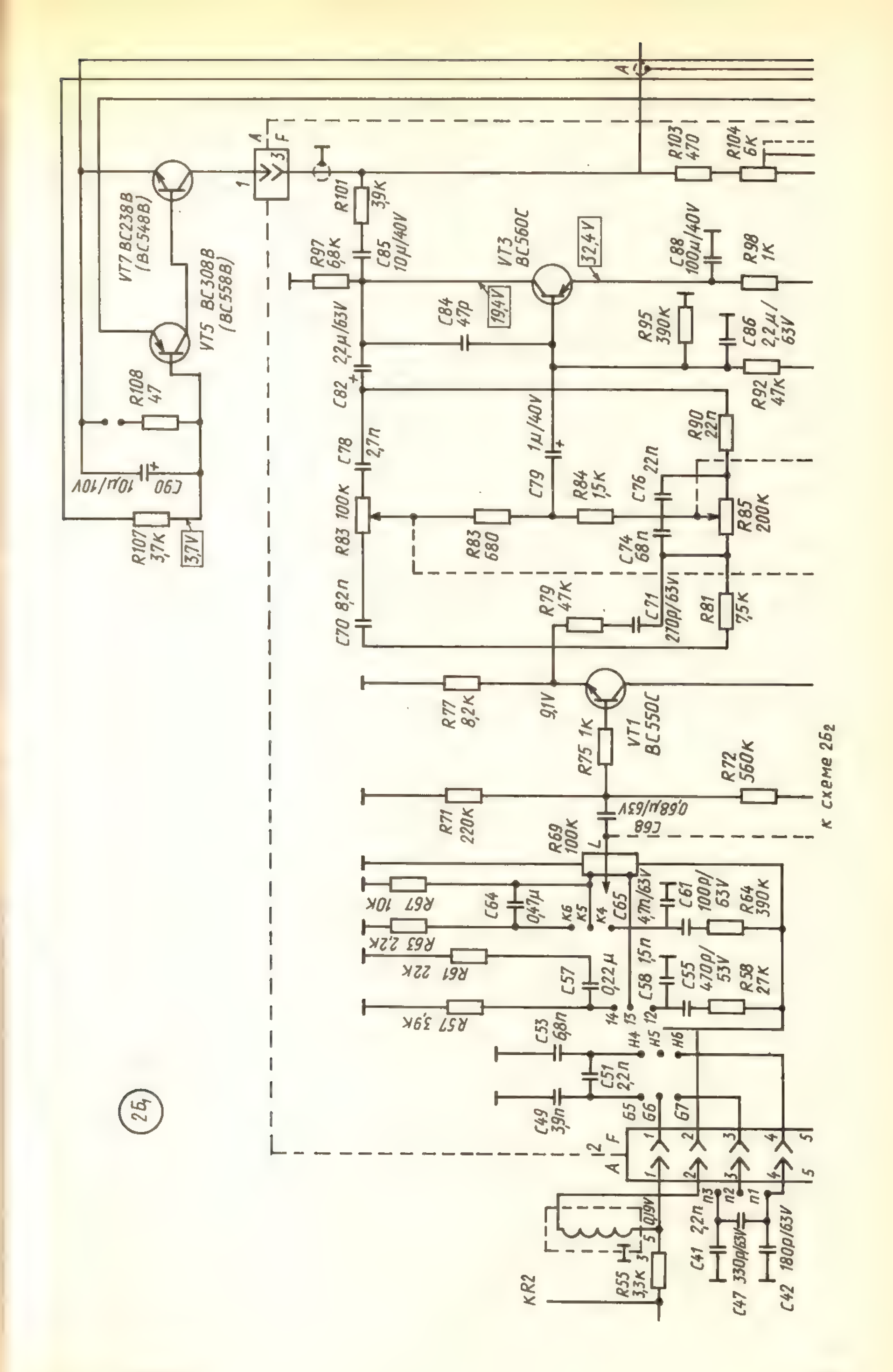


Рис. 2, а. Входные цепи, корректирующий усилитель левого и правого каналов



2Б1
VT7 BC238B (BC548B)
VT5 BC308B (BC558B)
R108 47
C90 10μ/10V
R107 3,7K
3,7V
R101 3,9K
R97 6,8K
C85 10μ/40V
VT3 BC560C
32,4V
19,4V
C84 47p
R103 470
R104 6K
C88 100μ/40V
R98 1K
R95 390K
C86 2,2μ/63V
R92 47K
C82 2,2μ/63V
C78 2,7n
C79 1μ/40V
R90 22n
R83 100K
R83 680
R84 1,5K
C76 22n
R85 200K
C74 68n
C70 8,2n
R79 47K
C71 270p/63V
R81 7,5K
R77 8,2K
9,1V
VT1 BC550C
R75 1K
R72 560K
к схеме 2Б2
R71 220K
C68 0,68μ/63V
R69 100K
R67 10K
C64 0,47μ
C65 4,7n/63V
C61 100p/63V
R64 390K
R63 2,2K
R61 22K
C57 0,22μ
C58 1,5n
C55 470p/53V
R58 27K
R57 3,9K
C53 6,8n
C51 2,2n
C49 3,9n
KR2
R55 3,3K
0,19V
C41 2,2n
C47 330p/63V
C42 180p/63V

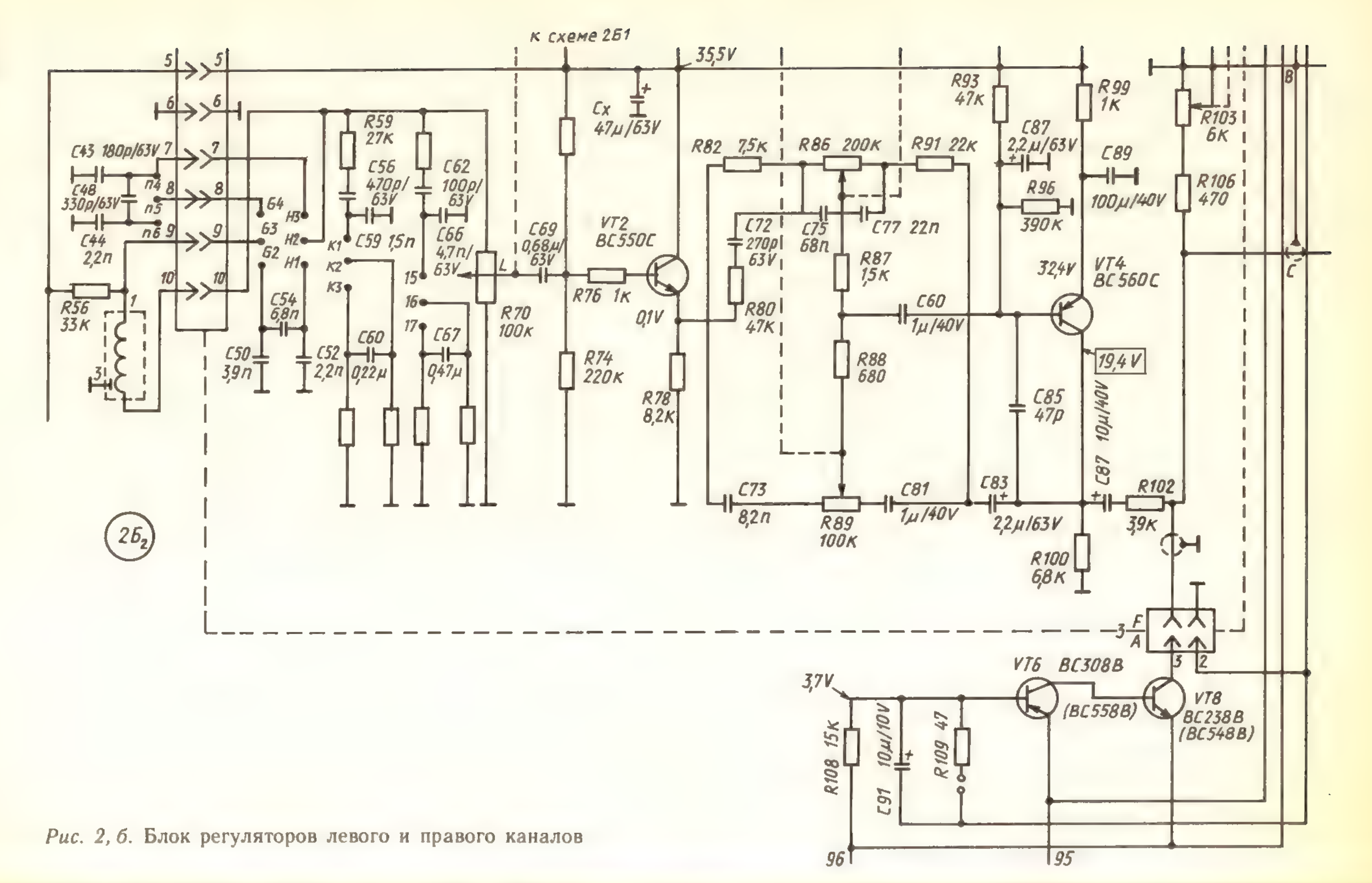
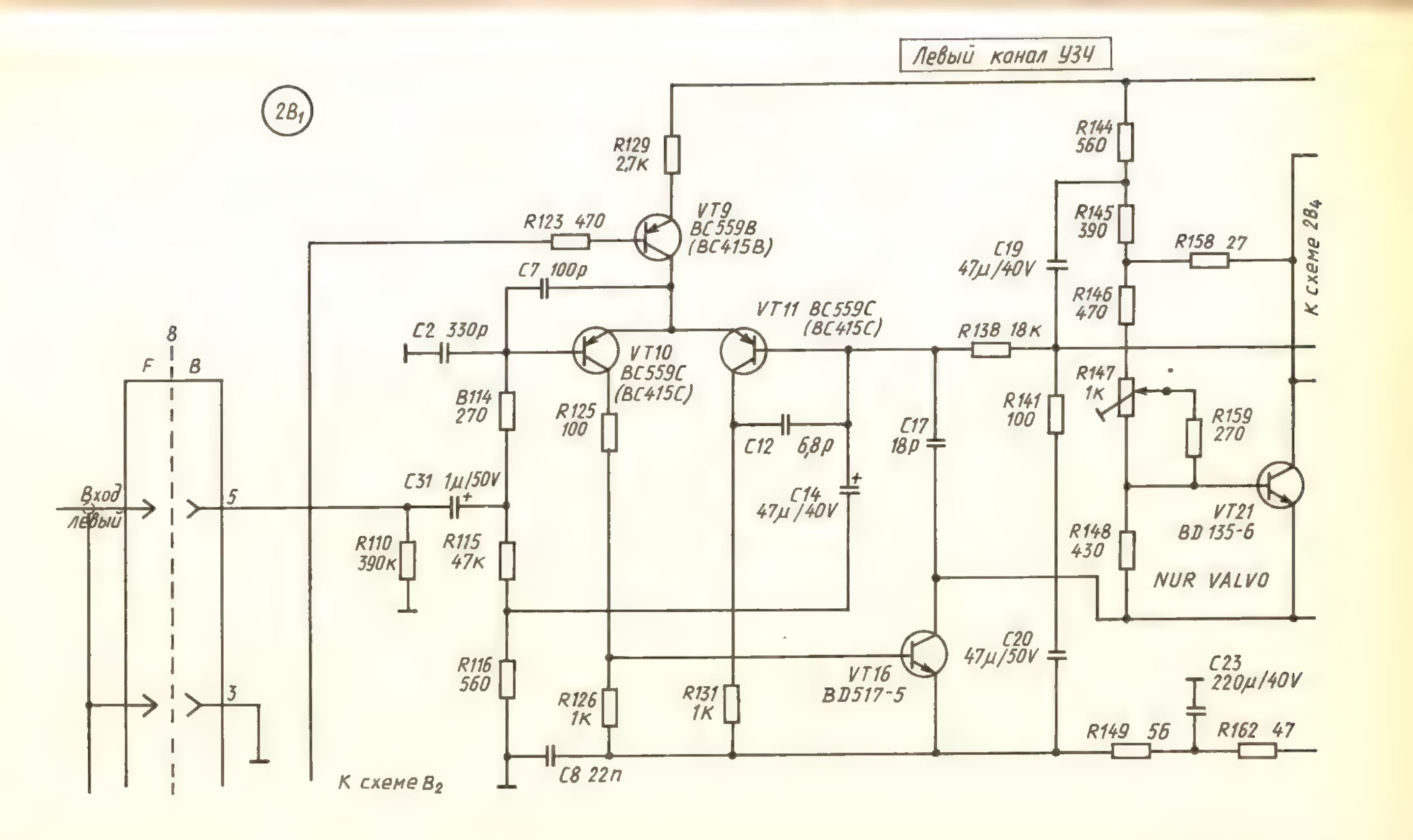
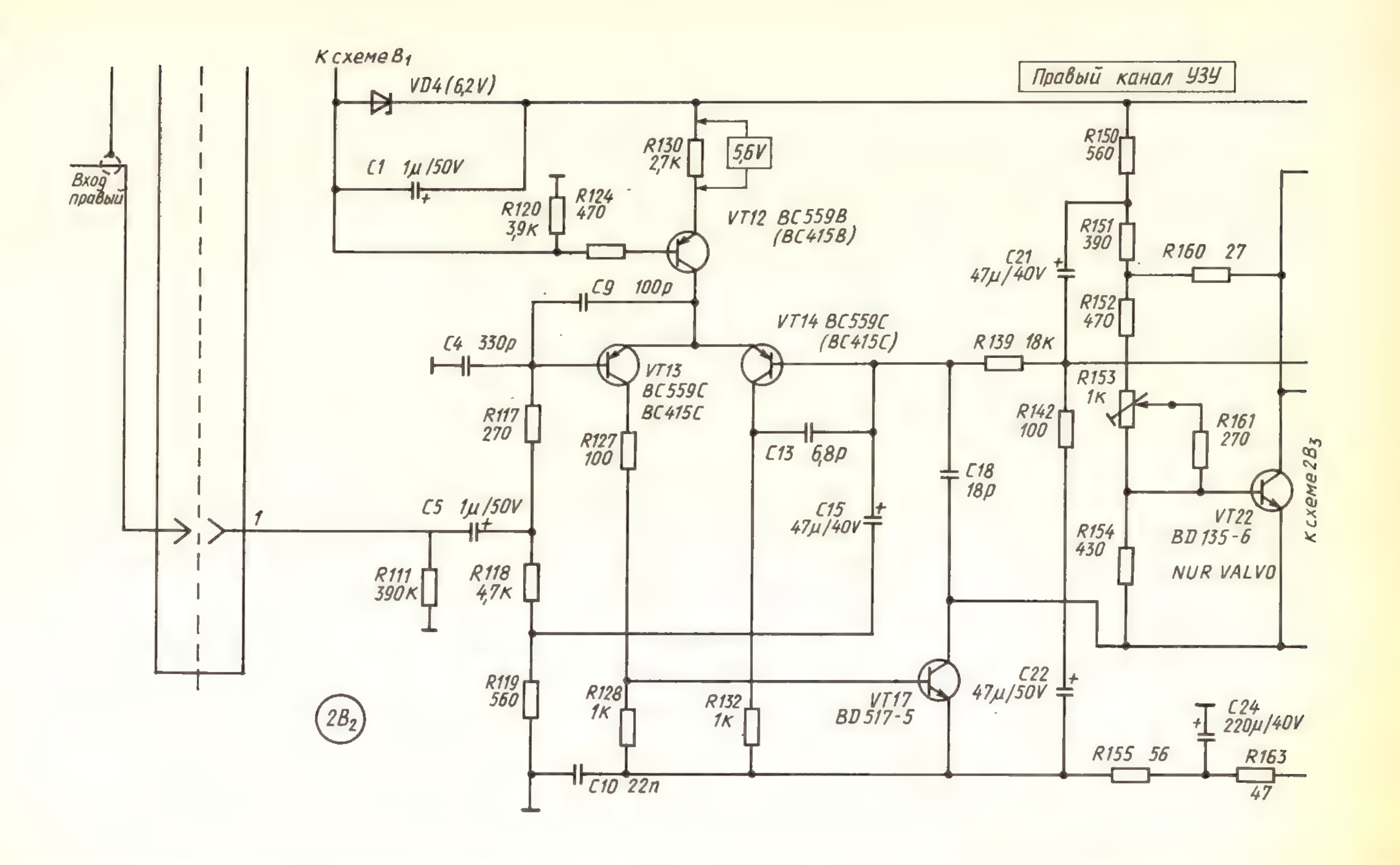
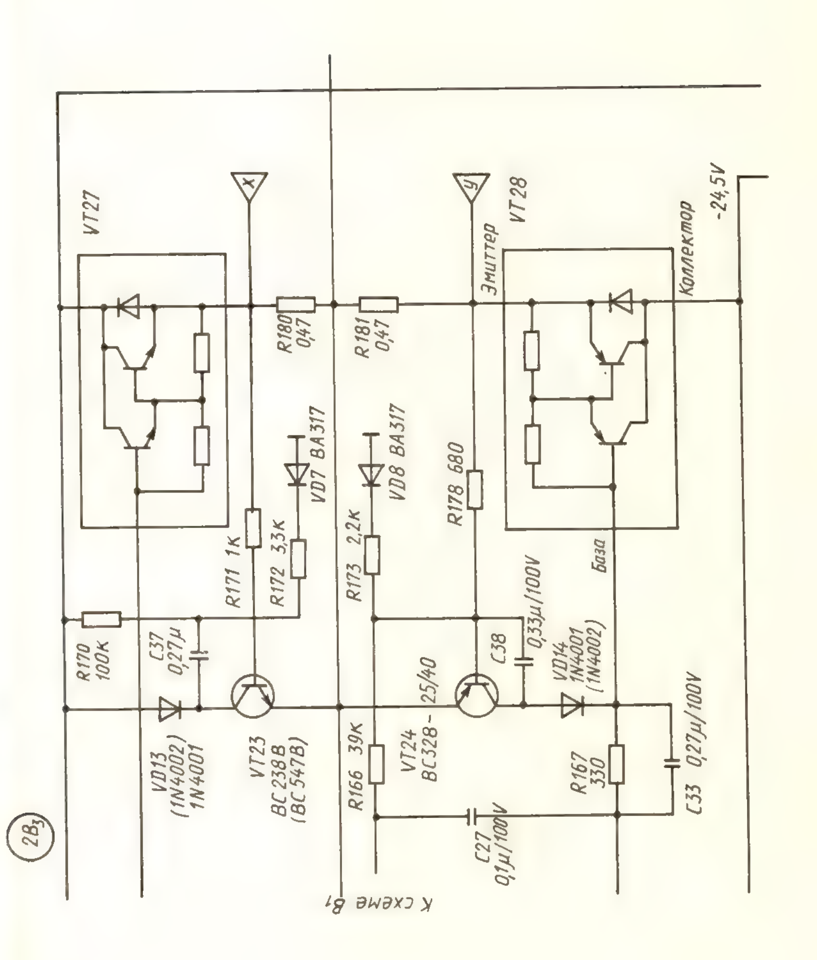


Рис. 2, б. Блок регуляторов левого и правого каналов



Левый канал УЗЧ
2В1
R129 2,7K
R144 560
R145 390
R158 27
К схеме 2В4
R123 470
VT9 BC559B (BC415B)
C19 47μ/40V
R146 470
C7 100p
VT11 BC559C (BC415C)
C2 330p
VT10 BC559C (BC415C)
R138 18к
R147 1K
B114 270
R125 100
R141 100
R159 270
C17 18p
C12 6,8p
C31 1μ/50V
C14 47μ/40V
Вход левый
5
VT21 BD 135-6
R110 390к
R115 47K
R148 430
NUR VALVO
8
F
B
C20 47μ/50V
C23 220μ/40V
R116 560
VT16 BD517-5
R126 1K
R131 1K
3
R149 56
R162 47
К схеме В2
C8 22n


К схеме В₁
VD4 (6,2V)
Правый канал УЗУ
Вход правый
C1 1µ/50V
R130 2,7K
5,6V
R120 3,9K
R124 470
VT12 BC559B (BC415B)
R150 560
R151 390
R160 27
C21 47µ/40V
C9 100p
R152 470
VT14 BC559C (BC415C)
C4 330p
R139 18K
R153 1K
VT13 BC559C BC415C
R117 270
R142 100
R161 270
R127 100
C13 6,8p
C18 18p
К схеме 2В₃
C5 1µ/50V
1
C15 47µ/40V
R154 430
VT22 BD135-6
R111 390K
R118 4,7K
NUR VALVO
R119 560
R128 1K
R132 1K
VT17 BD517-5
C22 47µ/50V
C24 220µ/40V
2В₂
R155 56
R163 47
C10 22n



2B3
VT27
x
y
VT28
Эмиттер
Коллектор
-24,5V
R180 0,47
R181 0,47
VD7 BA317
VD8 BA317
R178 680
R171 1K
R172 3,3K
R173 2,2K
0,33µ/100V
База
R170 100K
C37 0,27µ
C38
VD14 1N4001 (1N4002)
VD13 (1N4002) 1N4001
VT23 BC238B (BC547B)
R166 39K
VT24 BC328-25/40
R167 330
C33 0,27µ/100V
C27 0,1µ/100V
К схеме B1

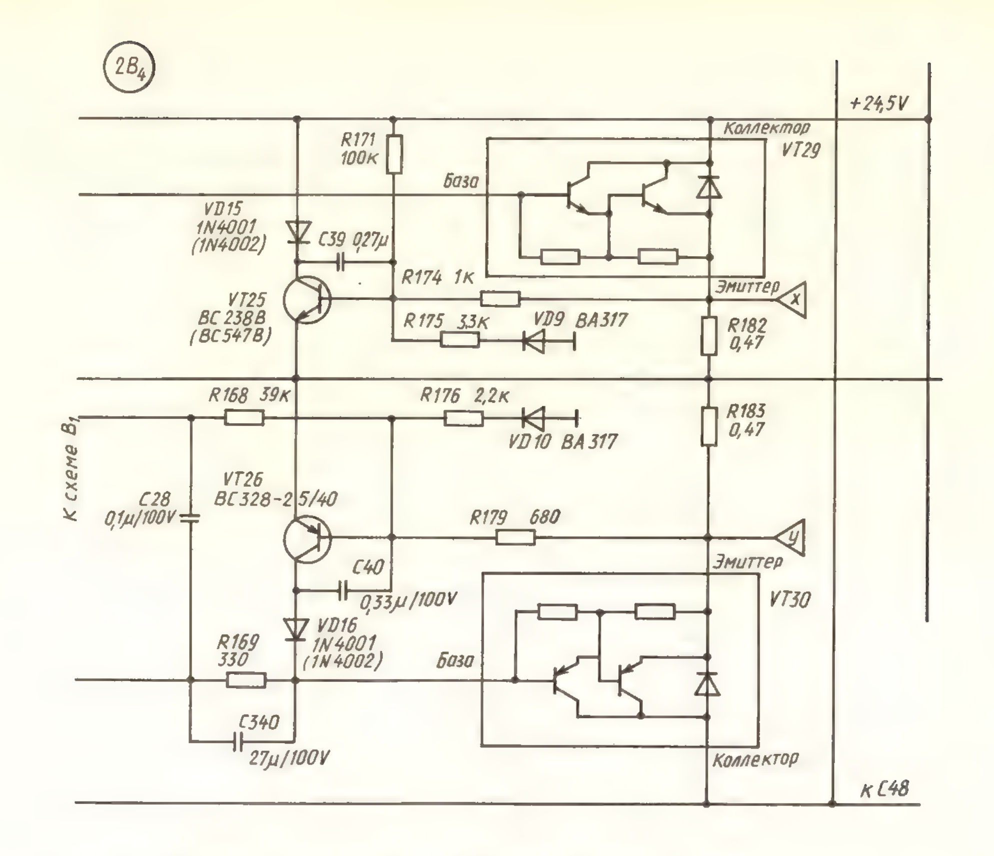
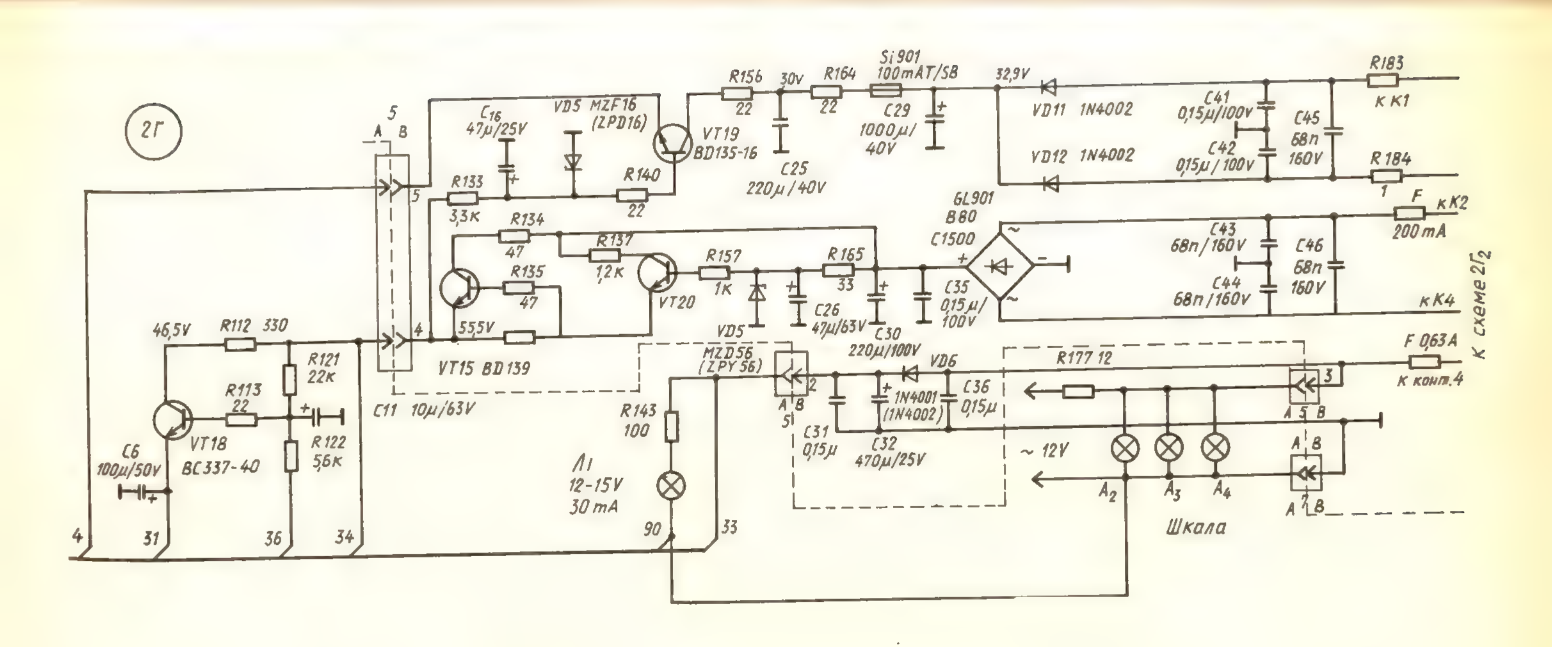


Рис. 2, в. Усилитель мощности левого и правого каналов


2Г
R156
22
30V
R164
22
Si 901
100mAT/SB
C29
1000µ/
40V
32,9V
VD11 1N4002
VD12 1N4002
C41
0,15µ/100V
C42
0,15µ/100V
C45
68n
160V
R183
К К1
R 184
1
C16
47µ/25V
VD5 MZF16
(ZPD16)
VT19
BD135-16
C25
220µ/40V
R133
3,3K
R140
22
R134
47
R137
1,2K
R135
47
R157
1K
R165
33
VT20
C26
47µ/63V
C30
220µ/100V
GL901
B80
C1500
C35
0,15µ/
100V
C43
68n/160V
C44
68n/160V
C46
68n
160V
F
к К2
200mA
к К4
К схеме 2Г2
46,5V
R112 330
R121
22K
55,5V
VT15 BD139
C11 10µ/63V
R113
22
R122
5,6K
VT18
BC337-40
C6
100µ/50V
VD5
MZD56
(ZPY56)
R143
100
Л1
12-15V
30 mA
VD6
1N4001
(1N4002)
C36
0,15µ
C31
0,15µ
C32
470µ/25V
R177 12
F 0,63A
к конт.4
~ 12V
Шкала
4
31
36
34
90
33

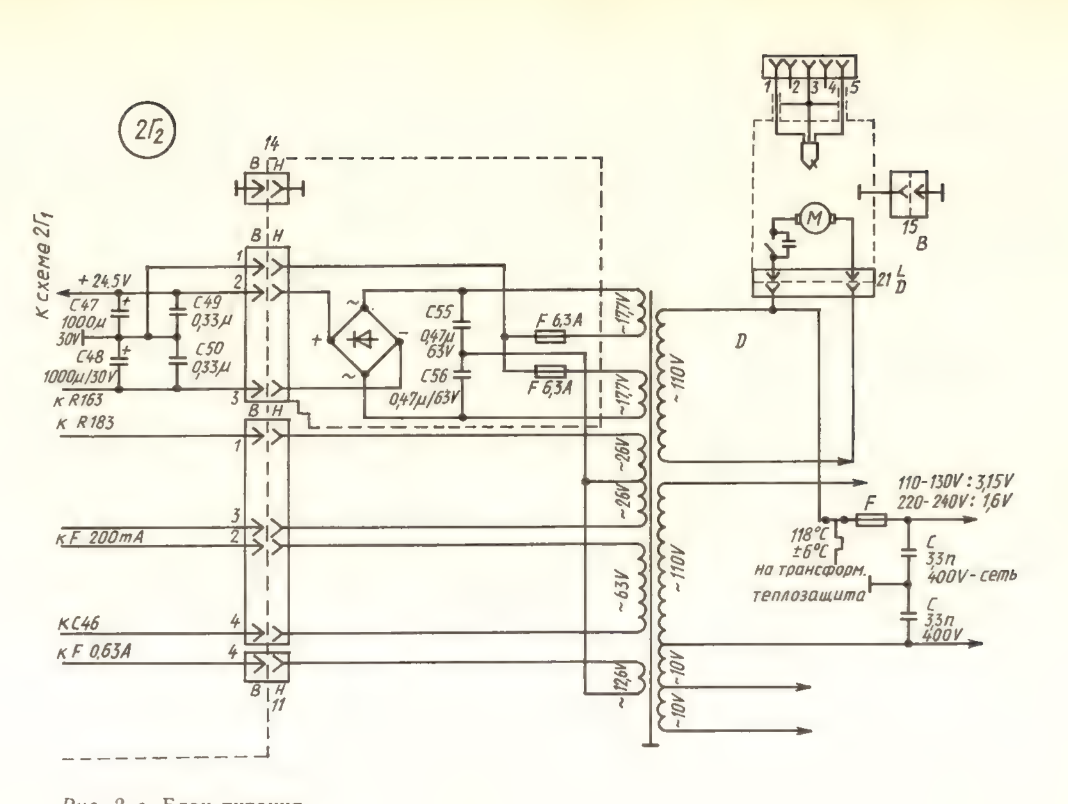


Рис. 2, г. Блок питания

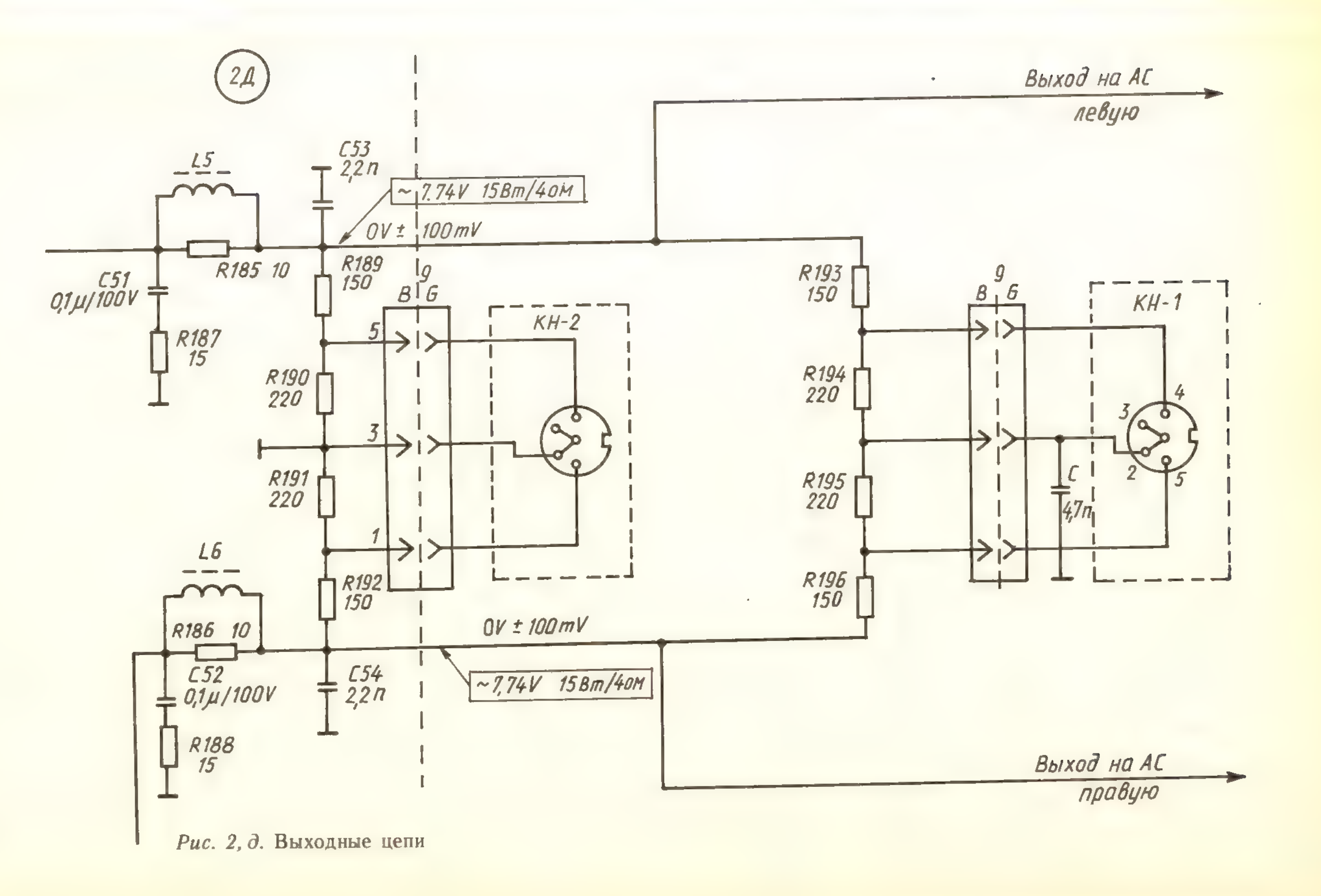


Рис. 2, д. Выходные цепи

3А1 Блок ВЧ-ПЧ(УКВ)

3Б1 Блок ПЧ

3А2 Блок ВЧ-ПЧ

3Б2 Блок ПЧ (продолжение)

3В Универсальные усилители левого и правого каналов магнитофона

3Г Предварительные усилители. Индикаторы уровня сигналов

3Д Усилитель мощности звуковой частоты

3Е Генератор стирания и подмагничивания

3Ж Блок питания

3З Схемы переключателей

3И Схемы микросхем

Рис. 3. Расположение блоков на принципиальной схеме магнитолы RM722

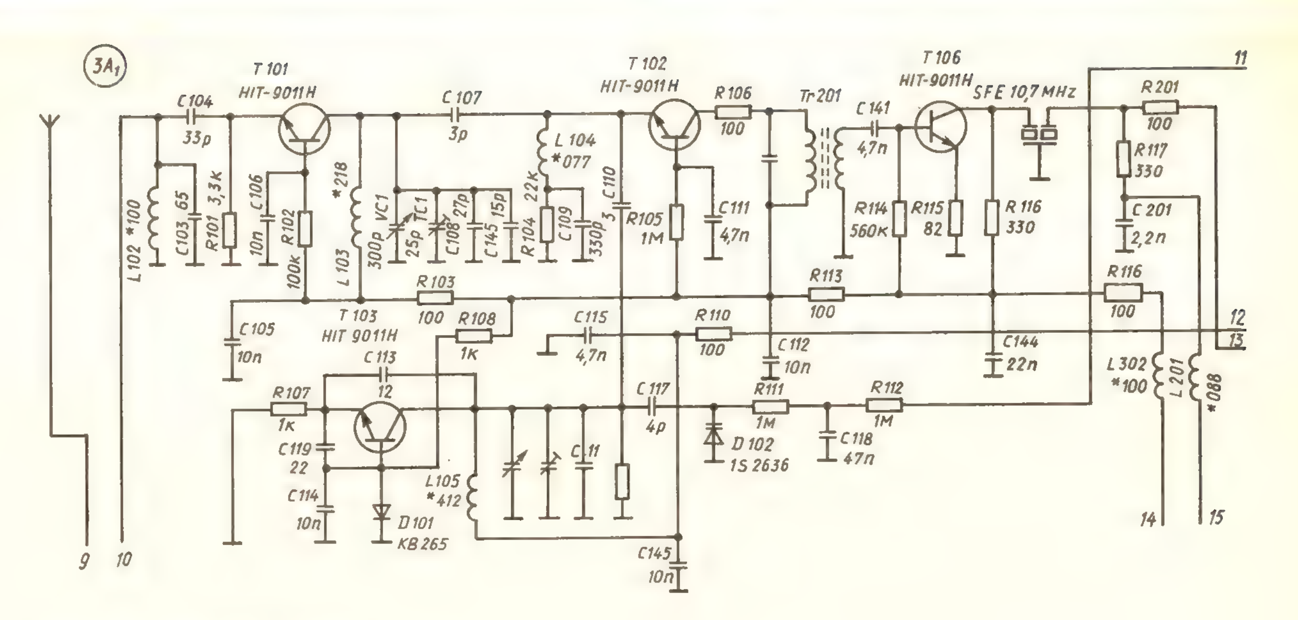


Рис. 3, а$_1$. Блок ВЧ-ПЧ (УКВ)

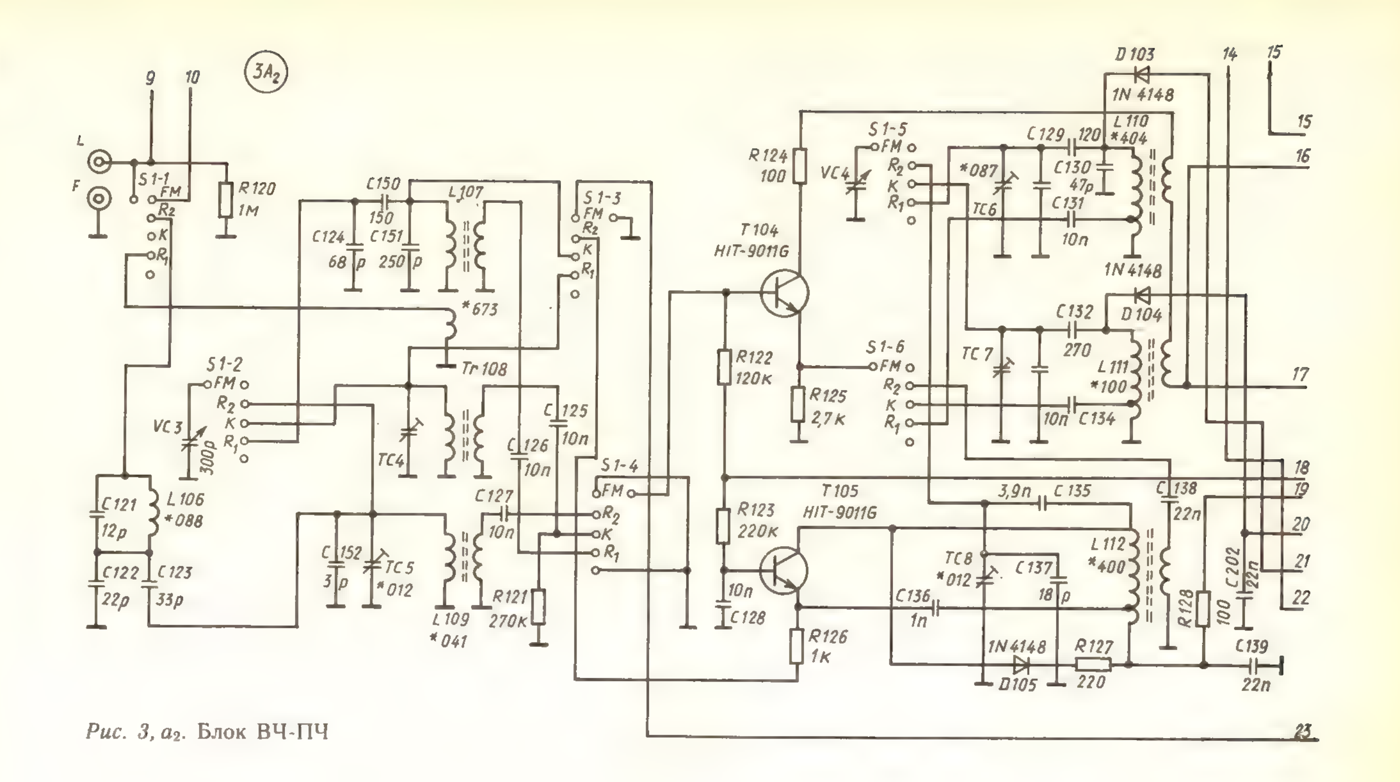


Рис. 3, а₂. Блок ВЧ-ПЧ

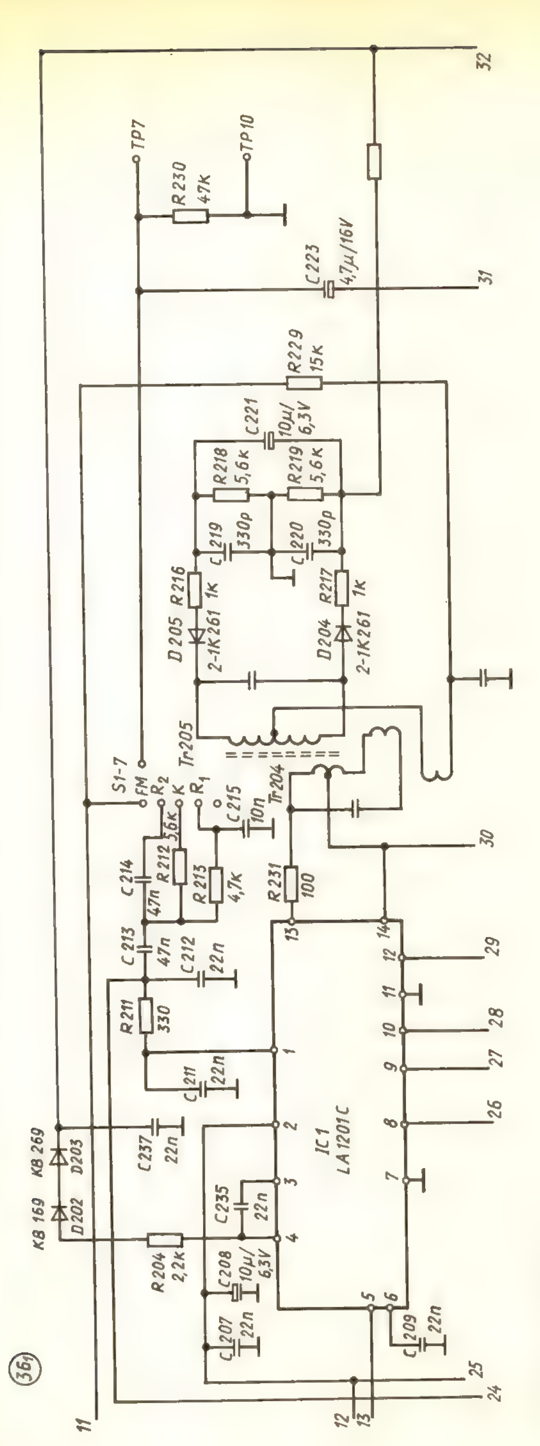


Рис. 3, б₁. Блок ПЧ

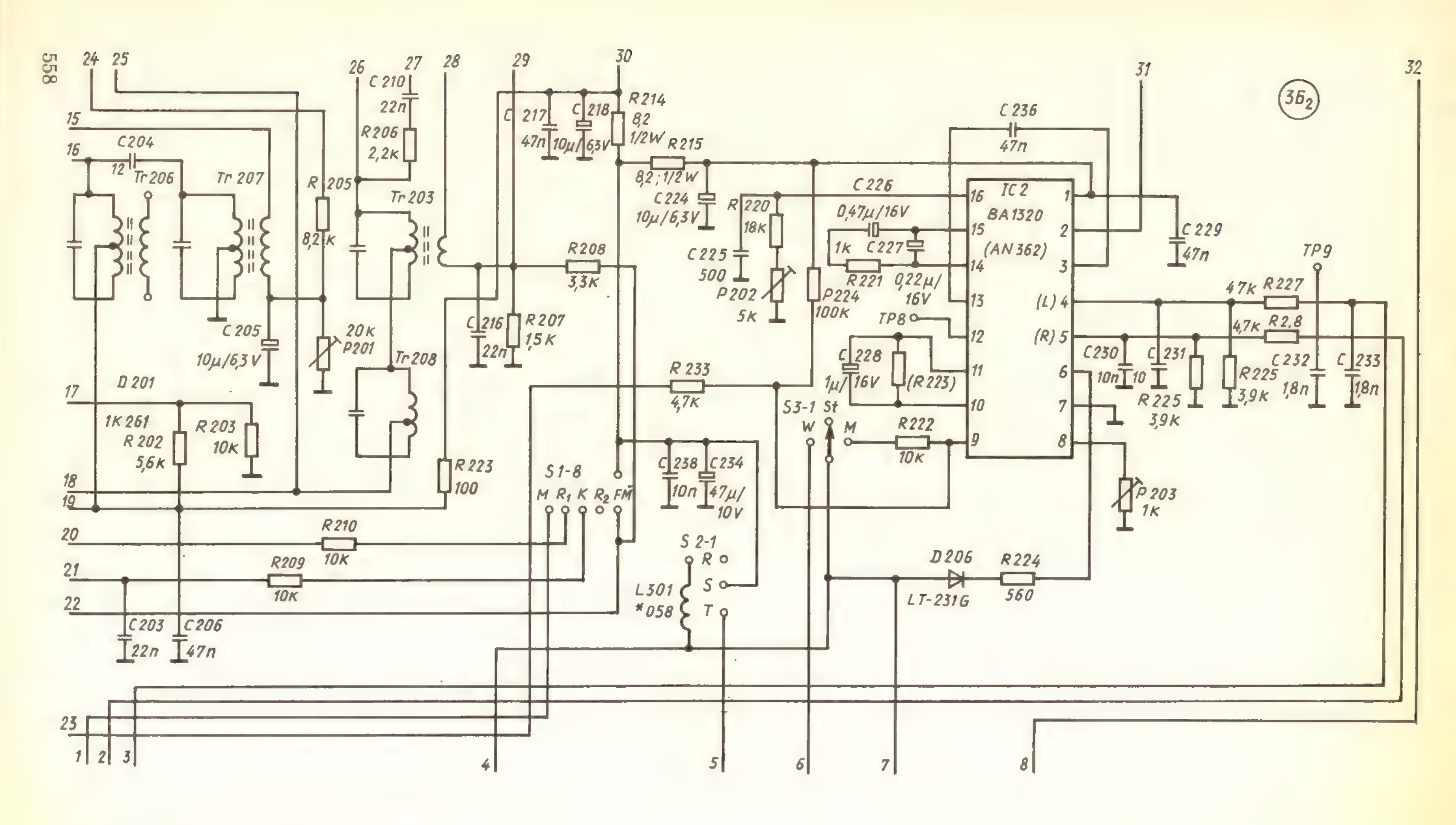


Рис. 3, б₂. Блок ПЧ (продолжение)

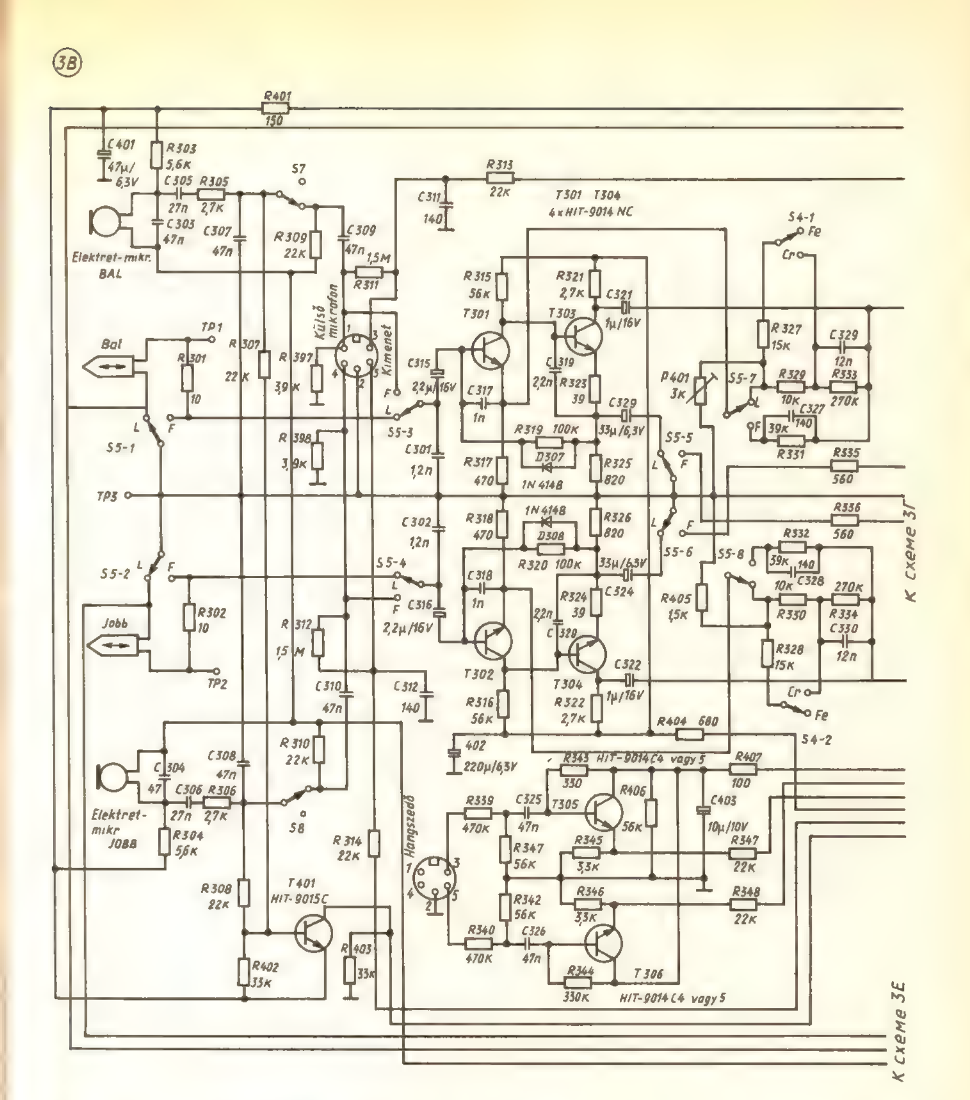


Рис. 3, в. Универсальные усилители левого и правого каналов магнитофона

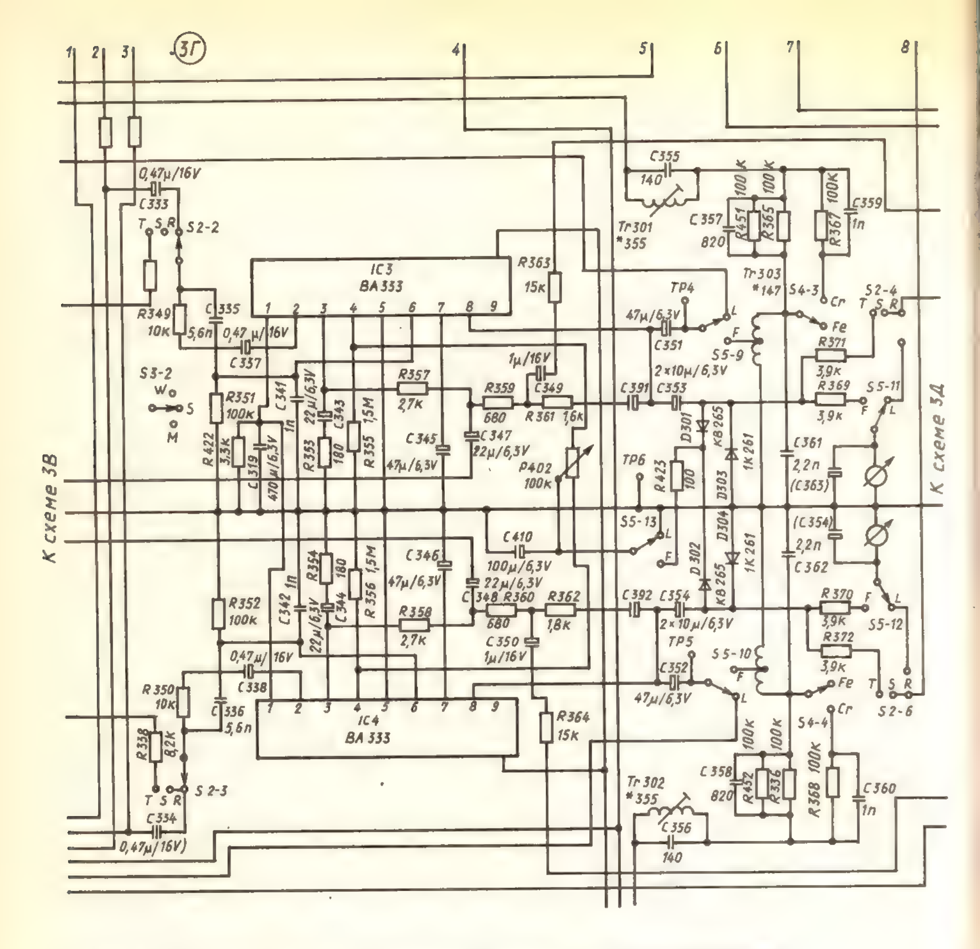


Рис. 3, г. Предварительные усилители, индикаторы уровня сигнала

Рис. 3, д. Усилитель мощности ЗЧ

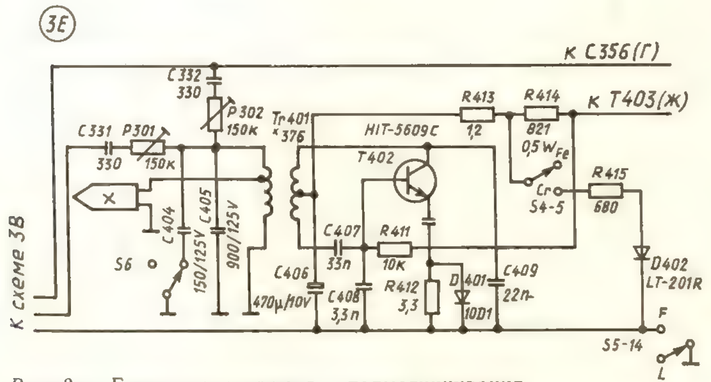


Рис. 3, е. Генератор стирания и подмагничивания

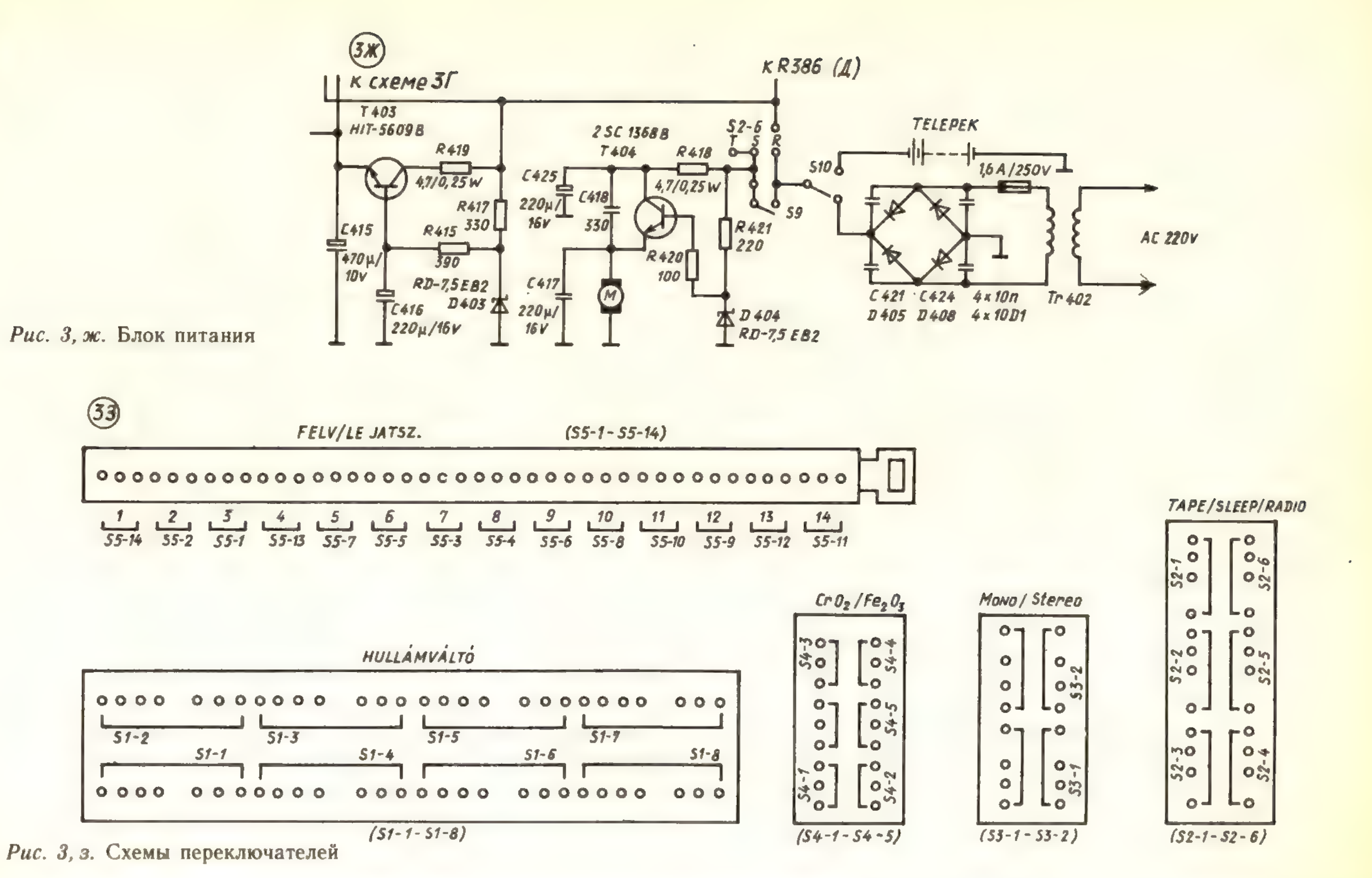


Рис. 3, ж. Блок питания

Рис. 3, з. Схемы переключателей

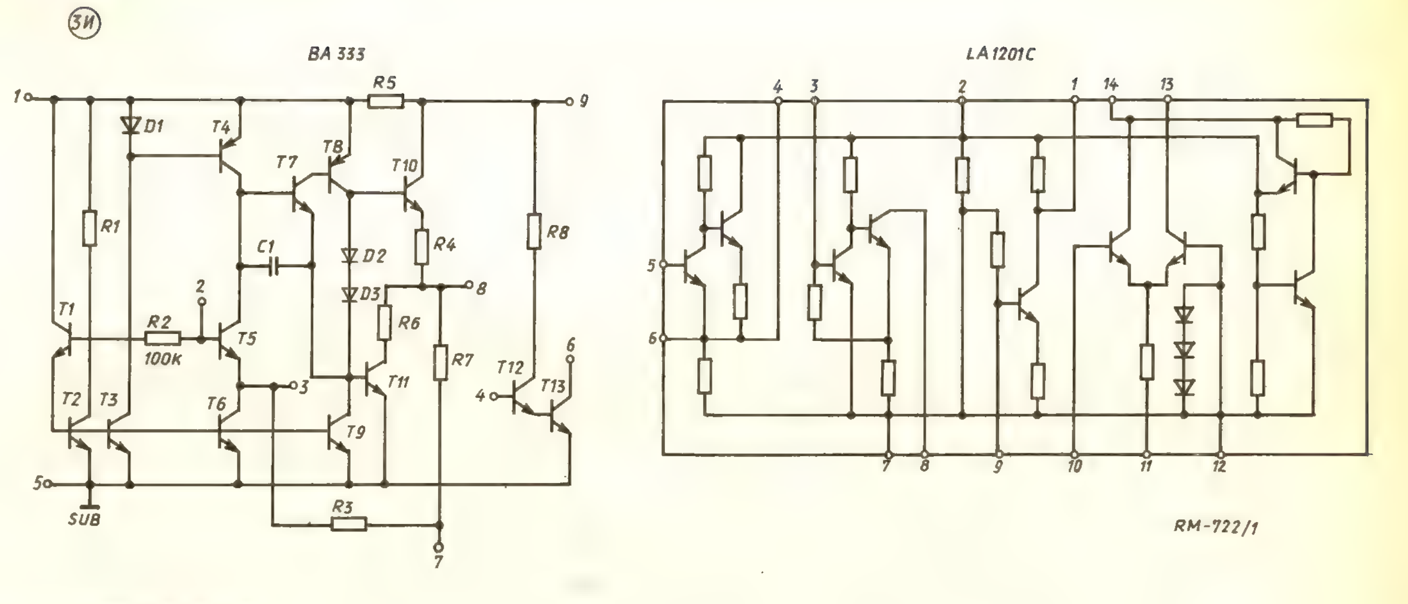


Рис. 3, и. Схемы микросхем

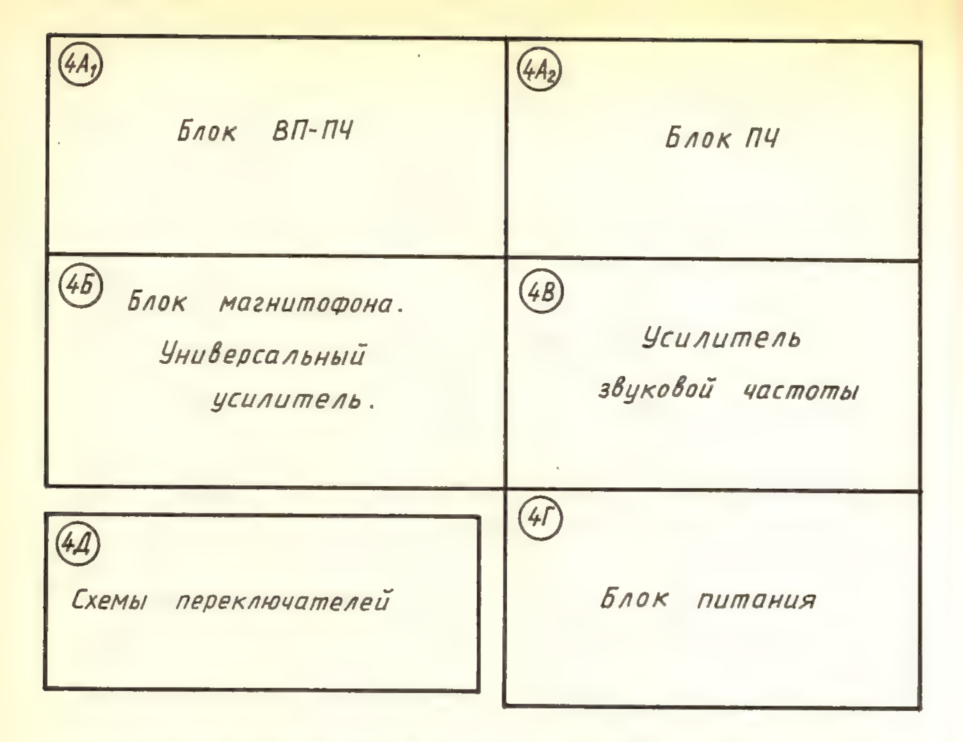


Рис. 4. Расположение блоков на принципиальной схеме магнитолы RM710

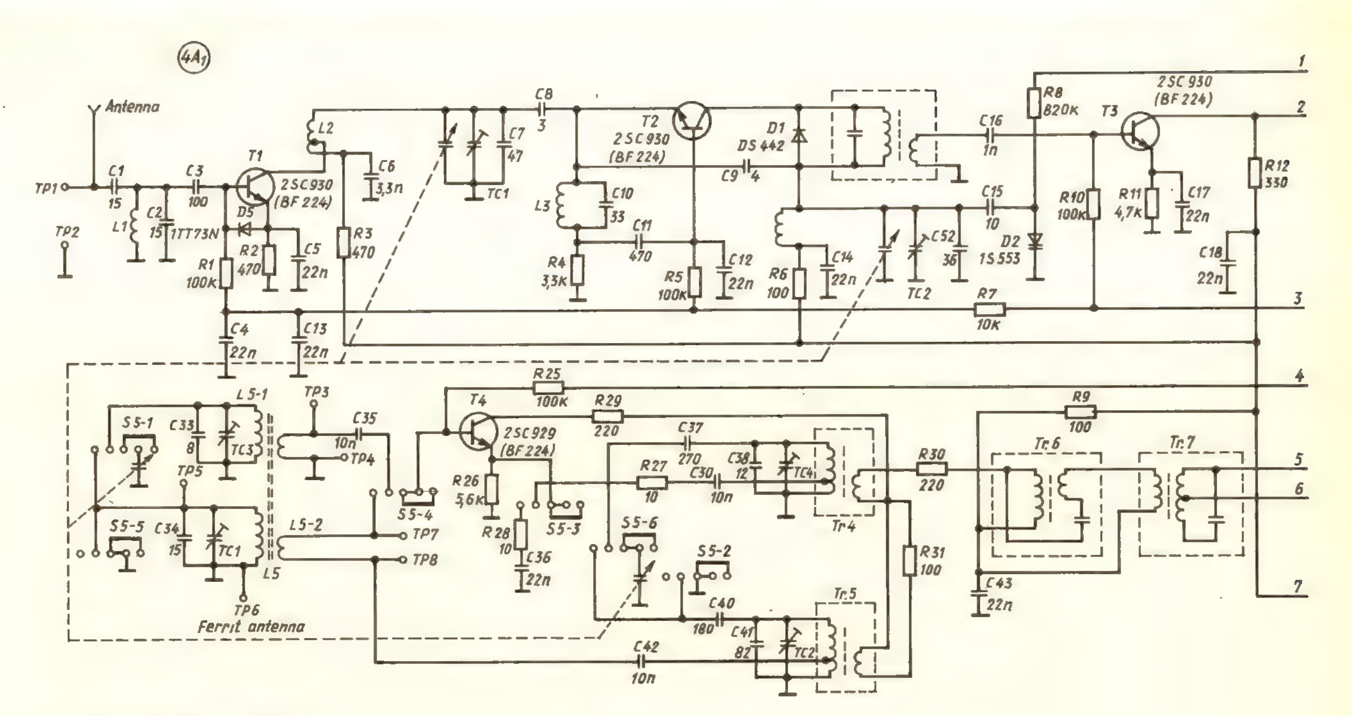


*Рис. 4, а*₁. Блок ВЧ-ПЧ

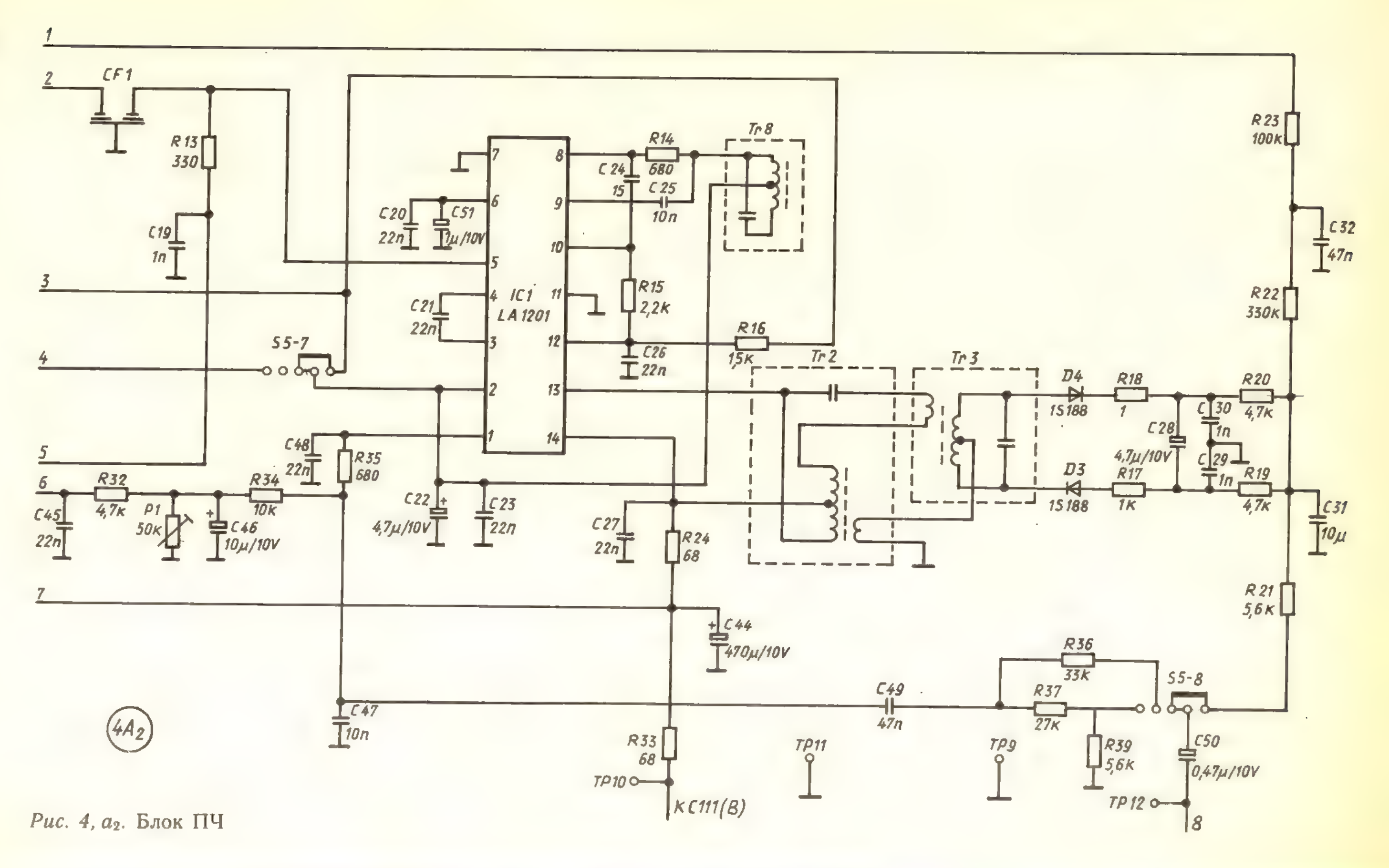


Рис. 4, a_2. Блок ПЧ

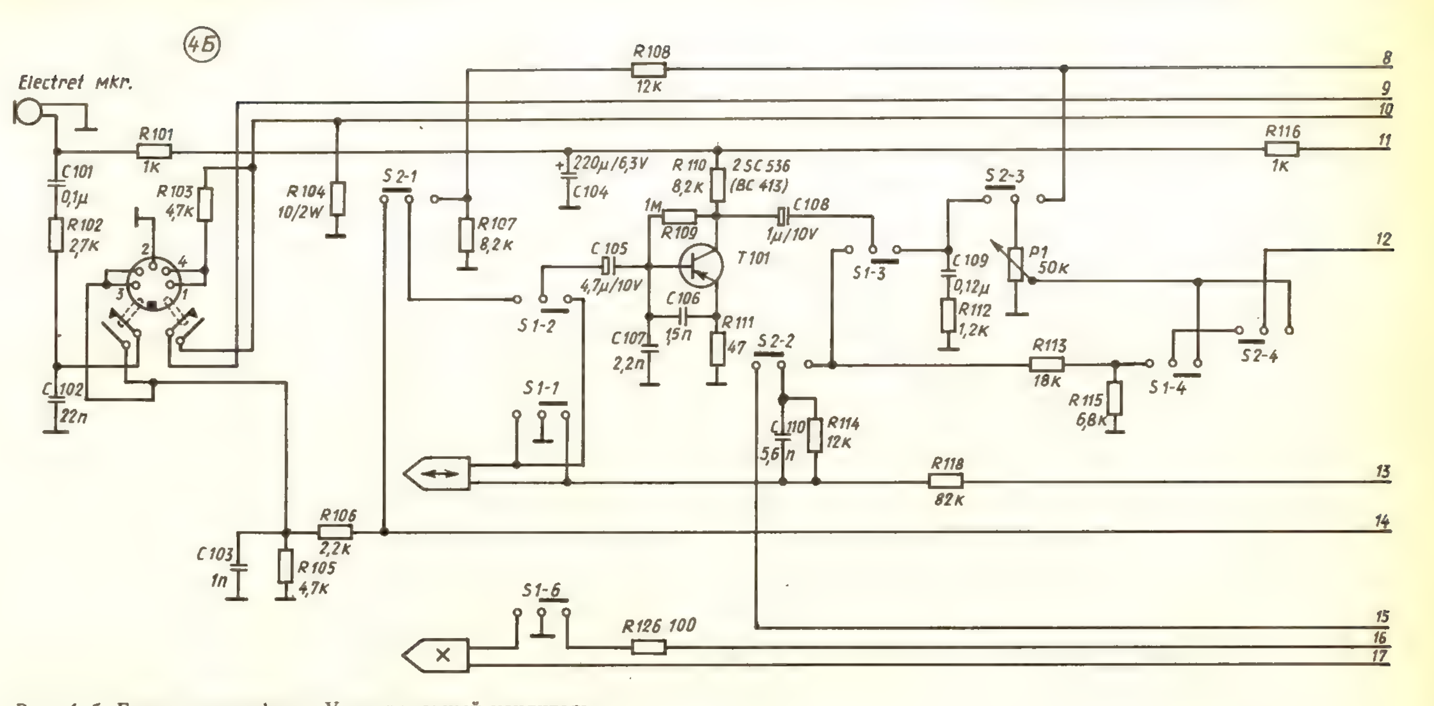


Рис. 4, б. Блок магнитофона. Универсальный усилитель

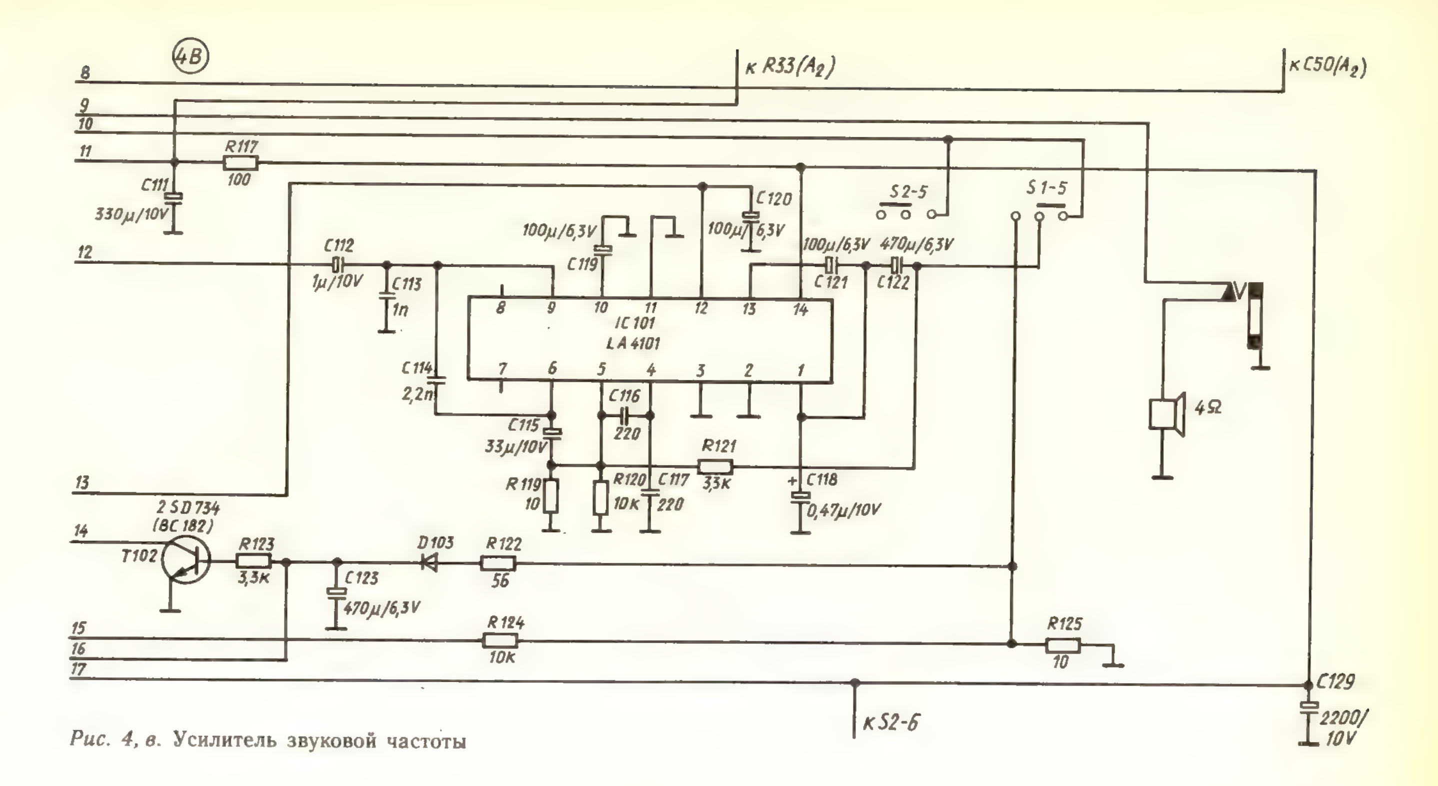


Рис. 4, в. Усилитель звуковой частоты

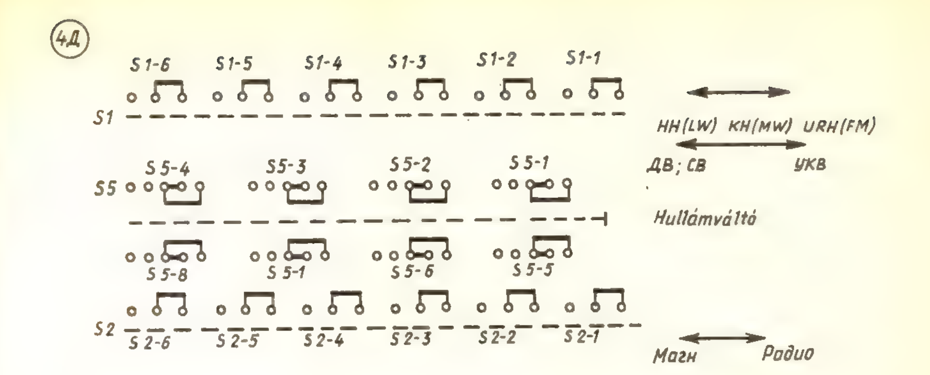


Рис. 4, д. Схемы переключателей

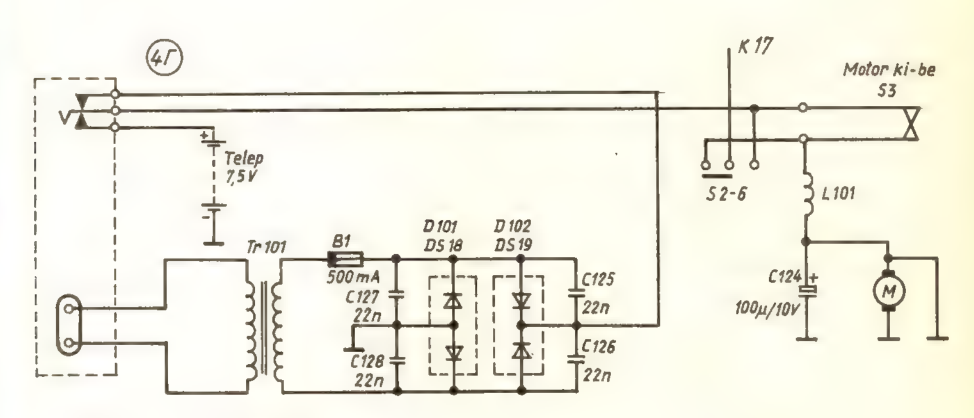


Рис. 4, г. Блок питания

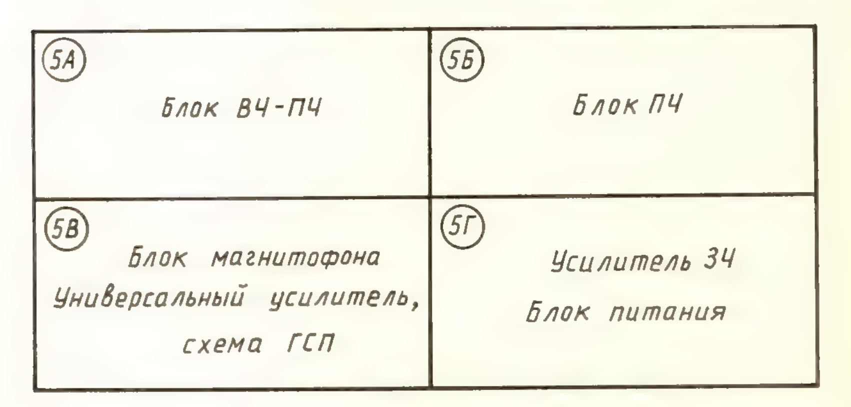


Рис. 5. Расположение блоков на принципиальной схеме магнитолы MRH5001H

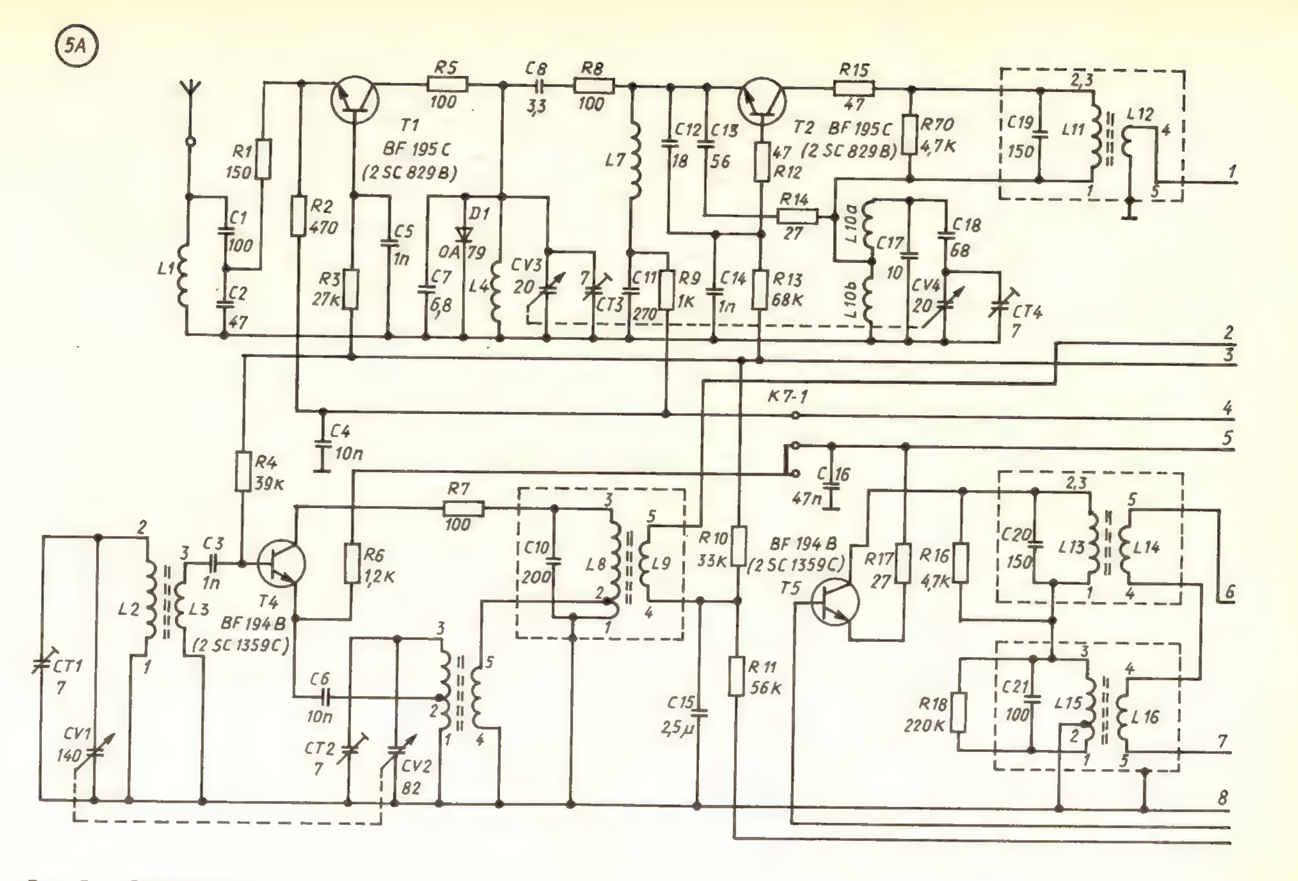


Рис. 5, а. Блок ВЧ-ПЧ

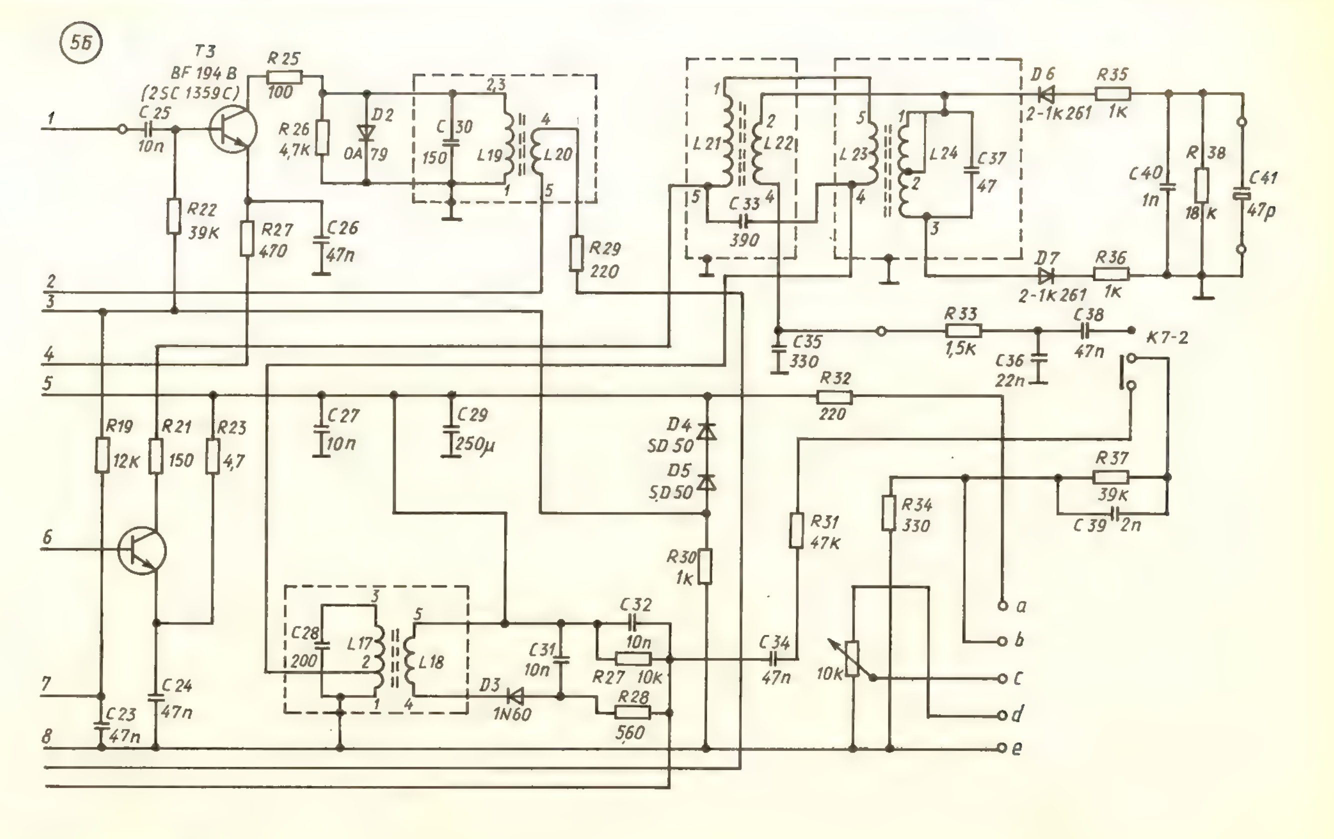


Рис. 5, 6. Блок ПЧ

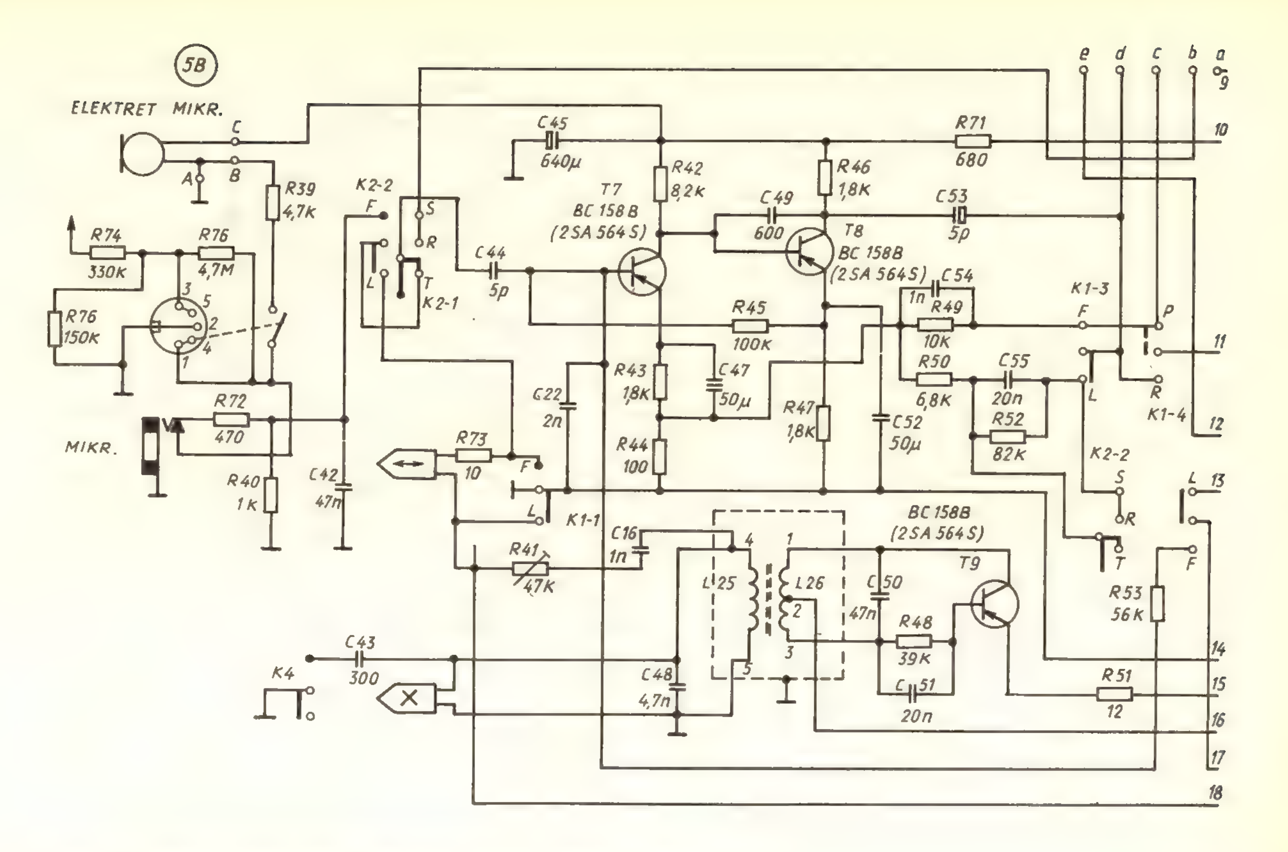


Рис. 5, в. Блок магнитофона. Универсальный усилитель, схема ГСП

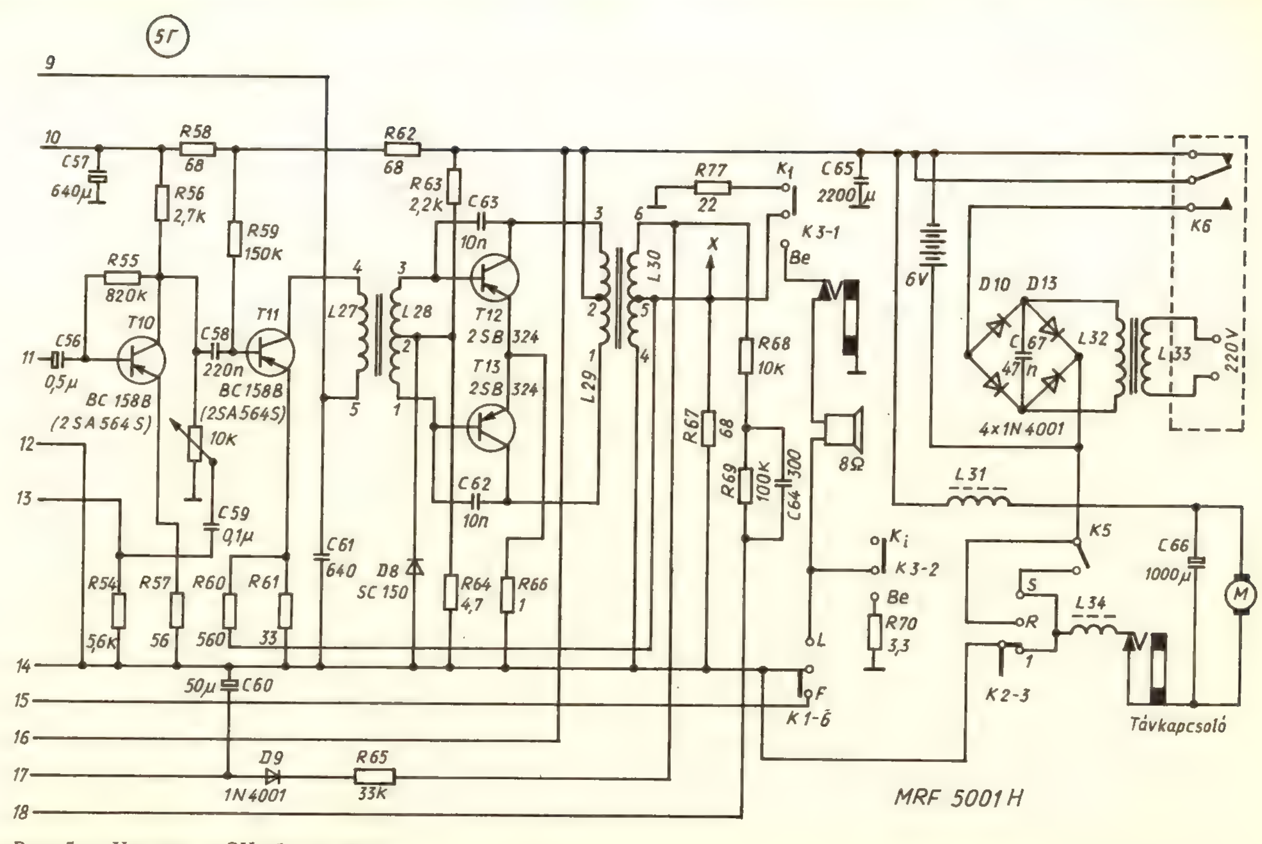


Рис. 5, г. Усилитель ЗЧ, блок питания

6А

Блок ВЧ

6Б

Схема УПЧ, детекторов

Блок питания

6В

Усилитель воспроизведения

6Г

Усилитель ЗЧ

Схема питания двигателя

6Д

Схемы переключателей

Рис. 6. Расположение блоков на принципиальной схеме магнитолы RX-145OW

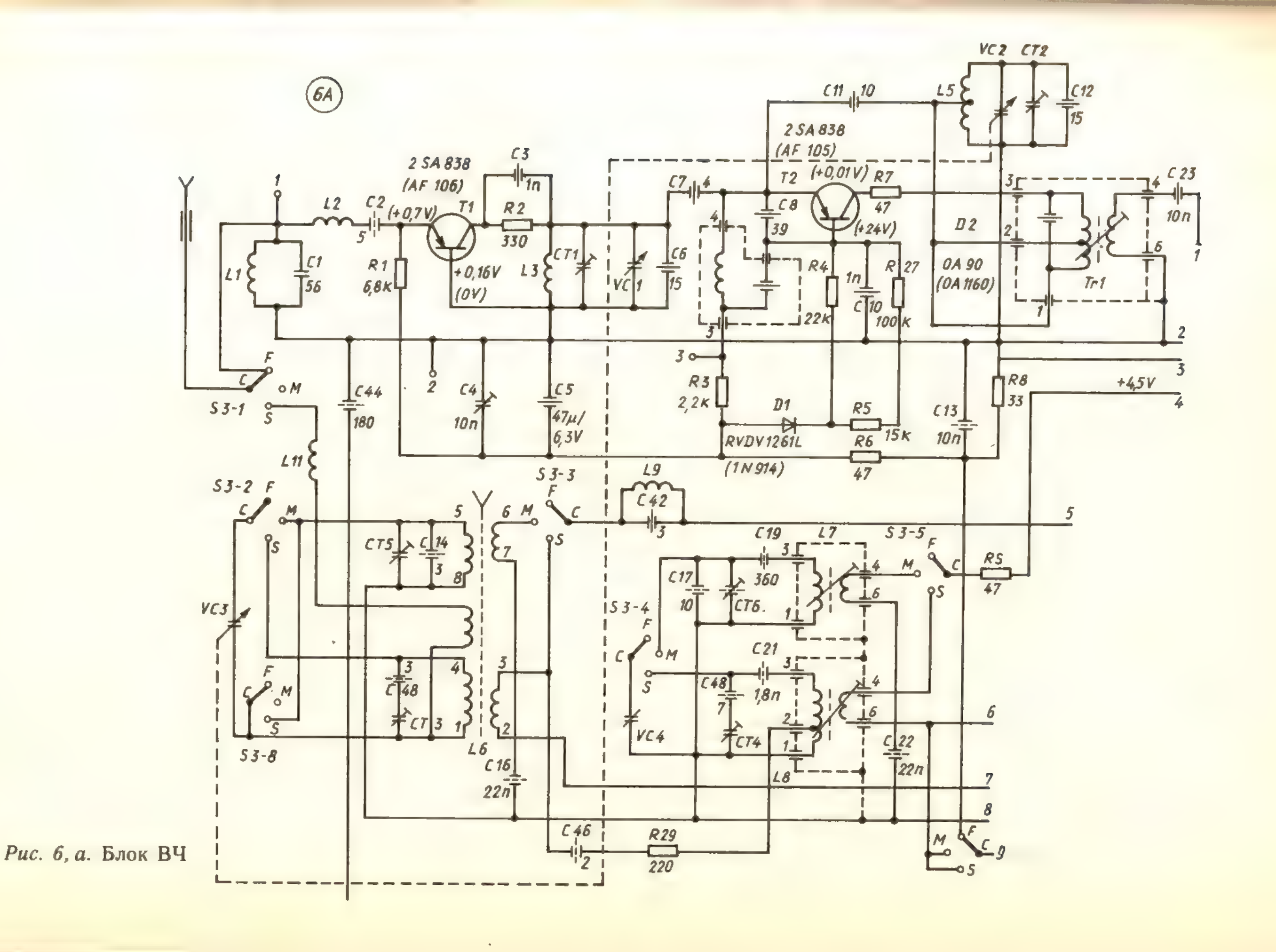


Рис. 6, а. Блок ВЧ

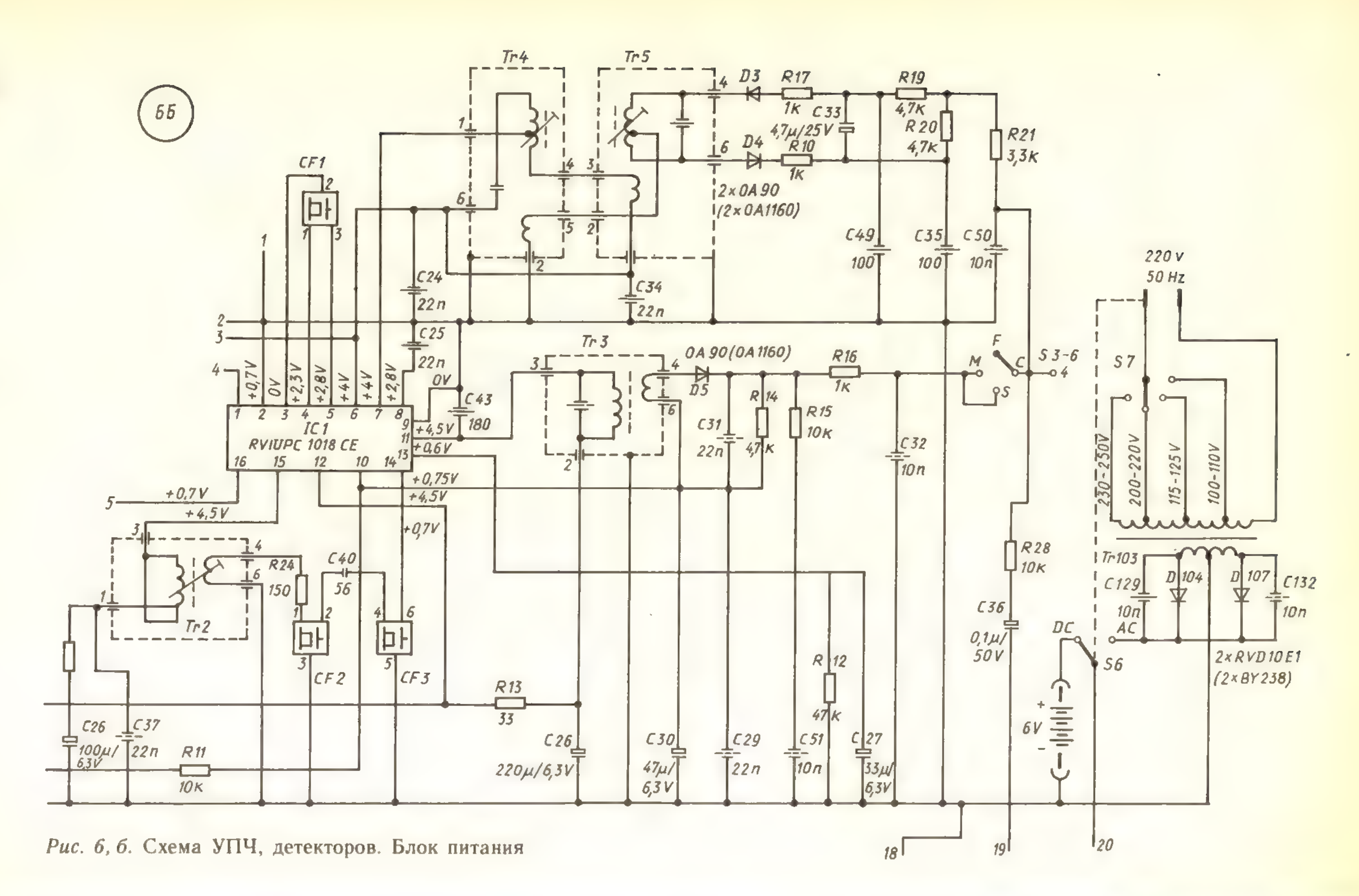


Рис. 6, б. Схема УПЧ, детекторов. Блок питания

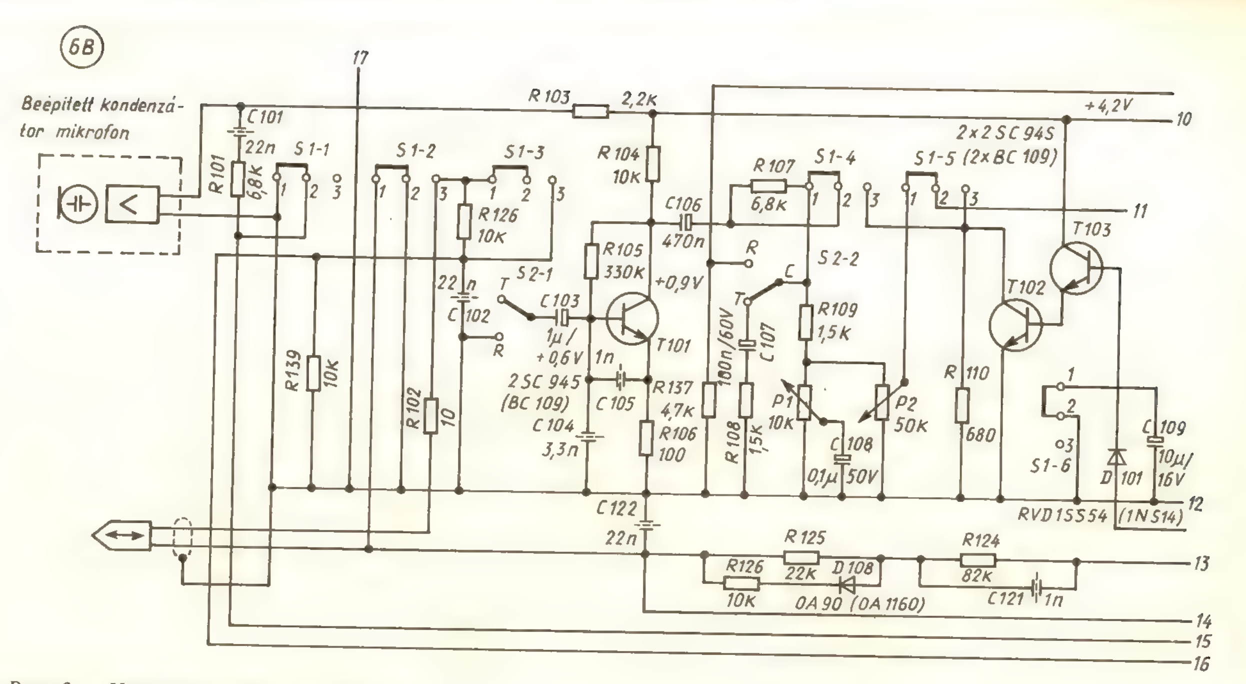


Рис. 6, в. Усилитель воспроизведения

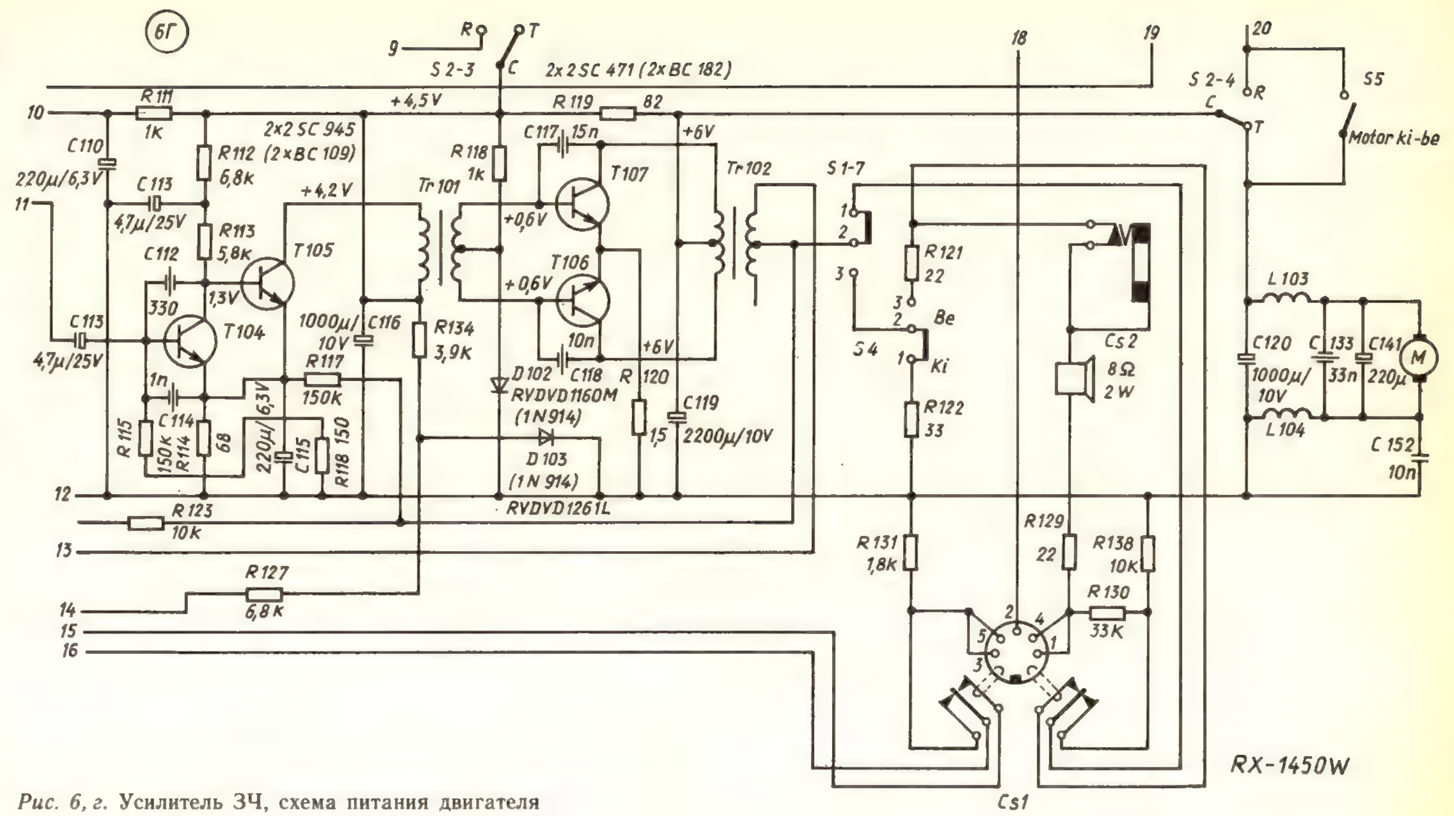


Рис. 6, г. Усилитель ЗЧ, схема питания двигателя

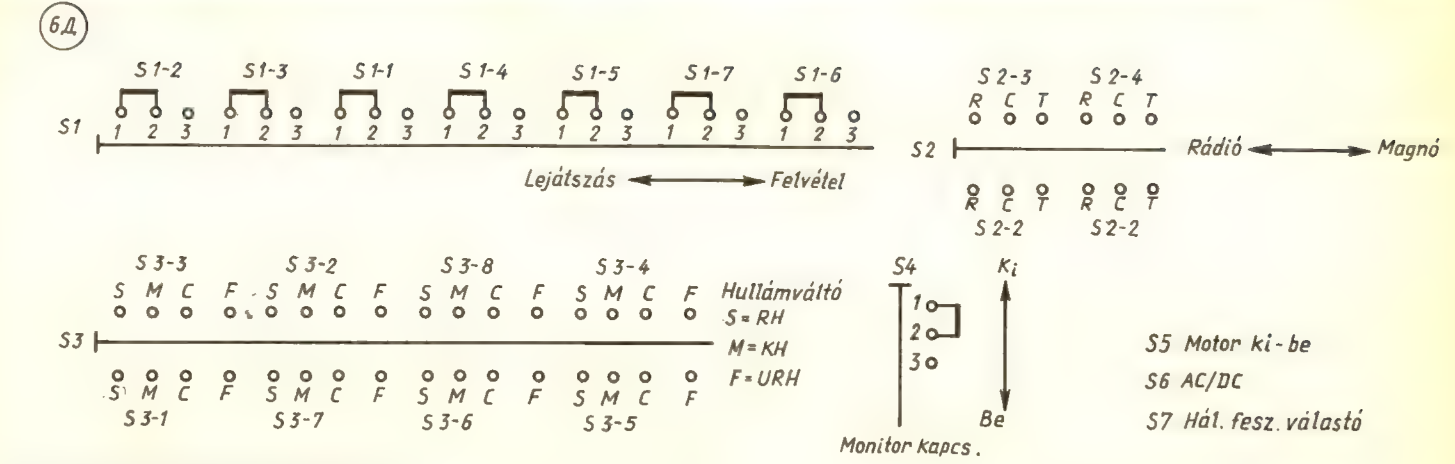


Рис. 6, д. Схемы переключателей

УСИЛИТЕЛЬНЫЙ БЛОК

7А Входные цепи. Линейные выходы (левый канал)

7Б Микрофонный усилитель линейного входа (левый канал)

7В Цепи регуляторов уровня записи, подмагничивания, телефонный усилитель (левый канал)

7Г Корректирующие усилители

7Д Цепи регулировки выхода. Индикаторы уровня

7Ж Схема ГСП

7Е Цепи подключения таймера, переключатели

7З Блок головок

БЛОК УПРАВЛЕНИЯ

7И Блоки питания разных вариантов

7К Схема управления двигателем

7Л Схема управления реверсом

7М Схемы коммутации электромагнитов, режимов работы и двигателей

7Н Схема блока управления механикой

H_1

H_2

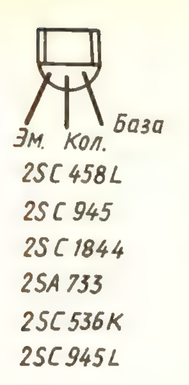
7О Таймер схемы блока управления

O_1

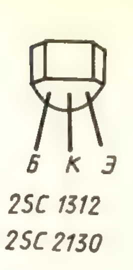
O_2

Рис. 7. Расположение блоков на принципиальной схеме катушечного магнитофона-приставки «АКАИ GX646»

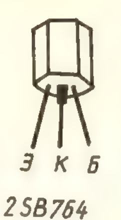
Цоколевка транзисторов



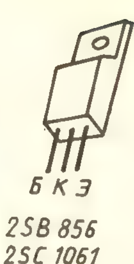
2SC 458L
2SC 945
2SC 1844
2SA 733
2SC 536K
2SC 945L



2SC 1312
2SC 2130



2SB764
2SD864



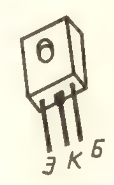
2SB 856
2SC 1061

Э К Б

2SC 2603

Э К Б

2SB605
2SD0571



2SD794

Режимы транзисторов схем

REC MODE

*		3-3/4 in		7-1/2 in	
		NORMAL	EE	NORMAL	EE
TR4	База	0,2 v	0,6 v	0,2 v	0,2 v
	Коллектор	0 v	0 v	0 v	0 v
TR5	Кол.	10,3 v	12,7 v	12,5 v	16,7 v
TR6	Кол.	9,7 v	12,2 v	11,9 v	16,2 v
TR7	База	10,3 v	12,7 v	12,5 v	16,7 v
	Кол.	21,2 v	21,2 v	21,2 v	21,2 v
TR8,9	Эмиттер	0,3 v	0,3 v	0,3 v	0,4 v
TR26	База	0,2 v	0,2 v	0,3 v	0,6 v
	Кол.	0 v	0 v	0 v	0 v
L3	①...③	0,6 v	0,6 v	0,6 v	0,6 v
	④...⑥	9,7 v	12,1 v	11,9 v	16,1 v
	⑨	65,0 VAC	83,4 VAC	82,1 VAC	112,7 VAC

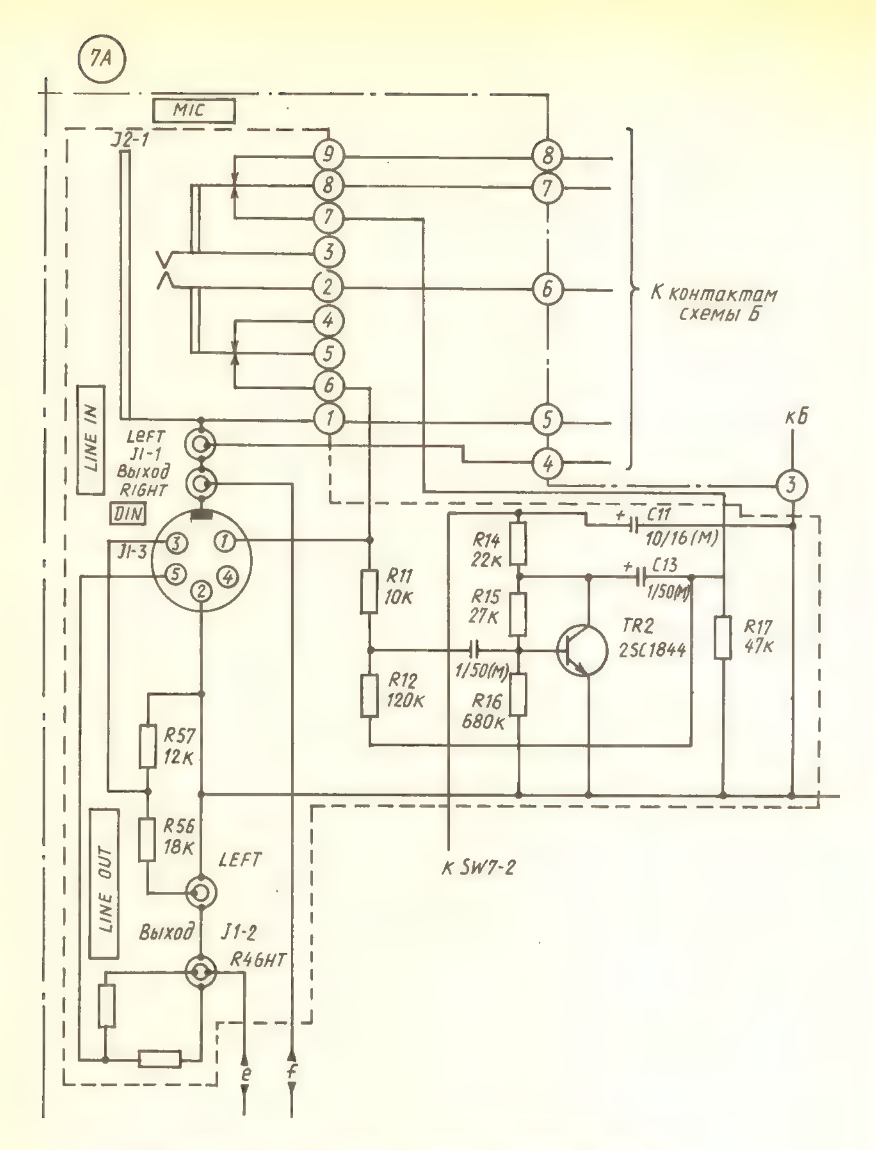


Рис. 7, а. Входные цепи. Линейные выходы (левый канал)

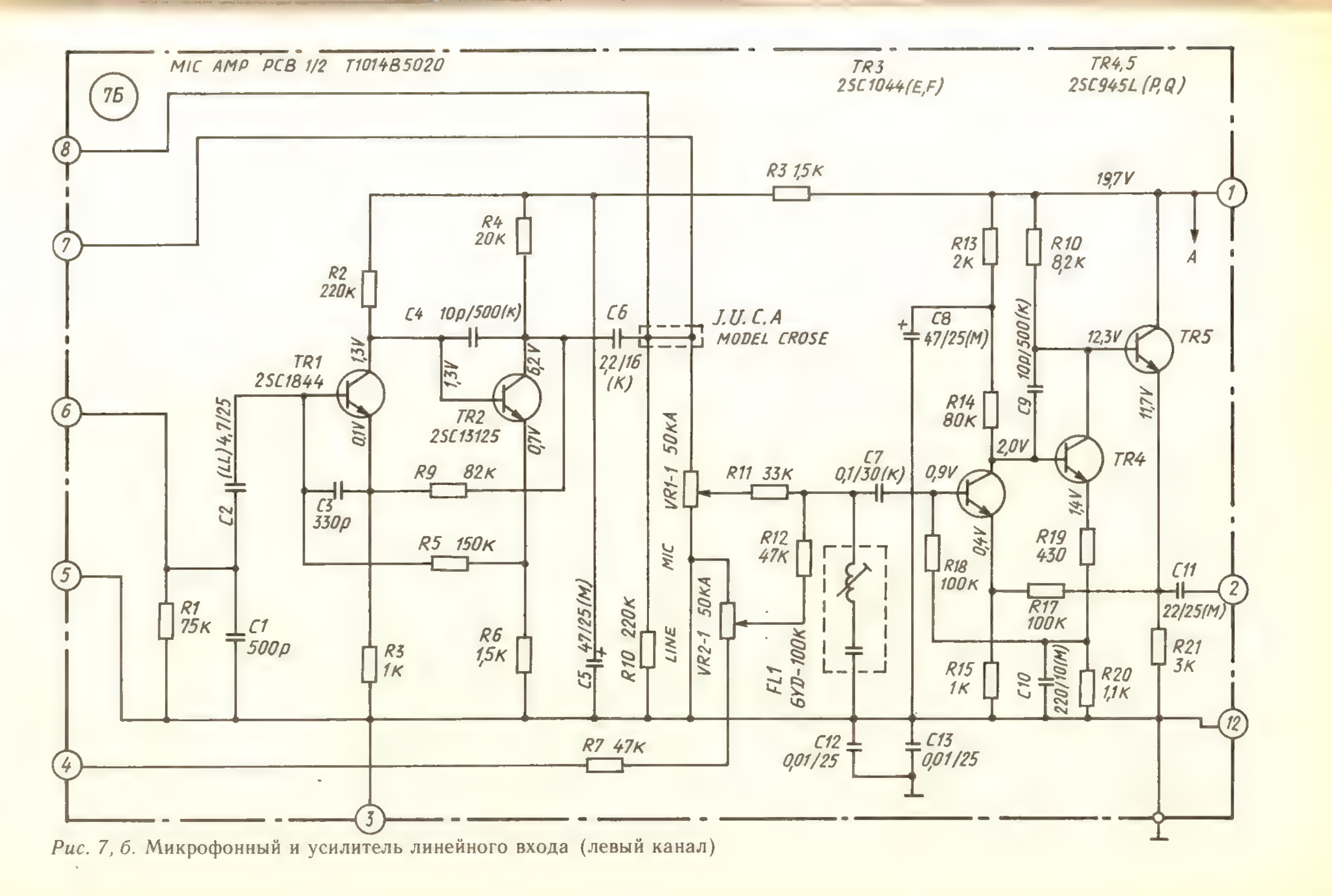


Рис. 7, б. Микрофонный и усилитель линейного входа (левый канал)

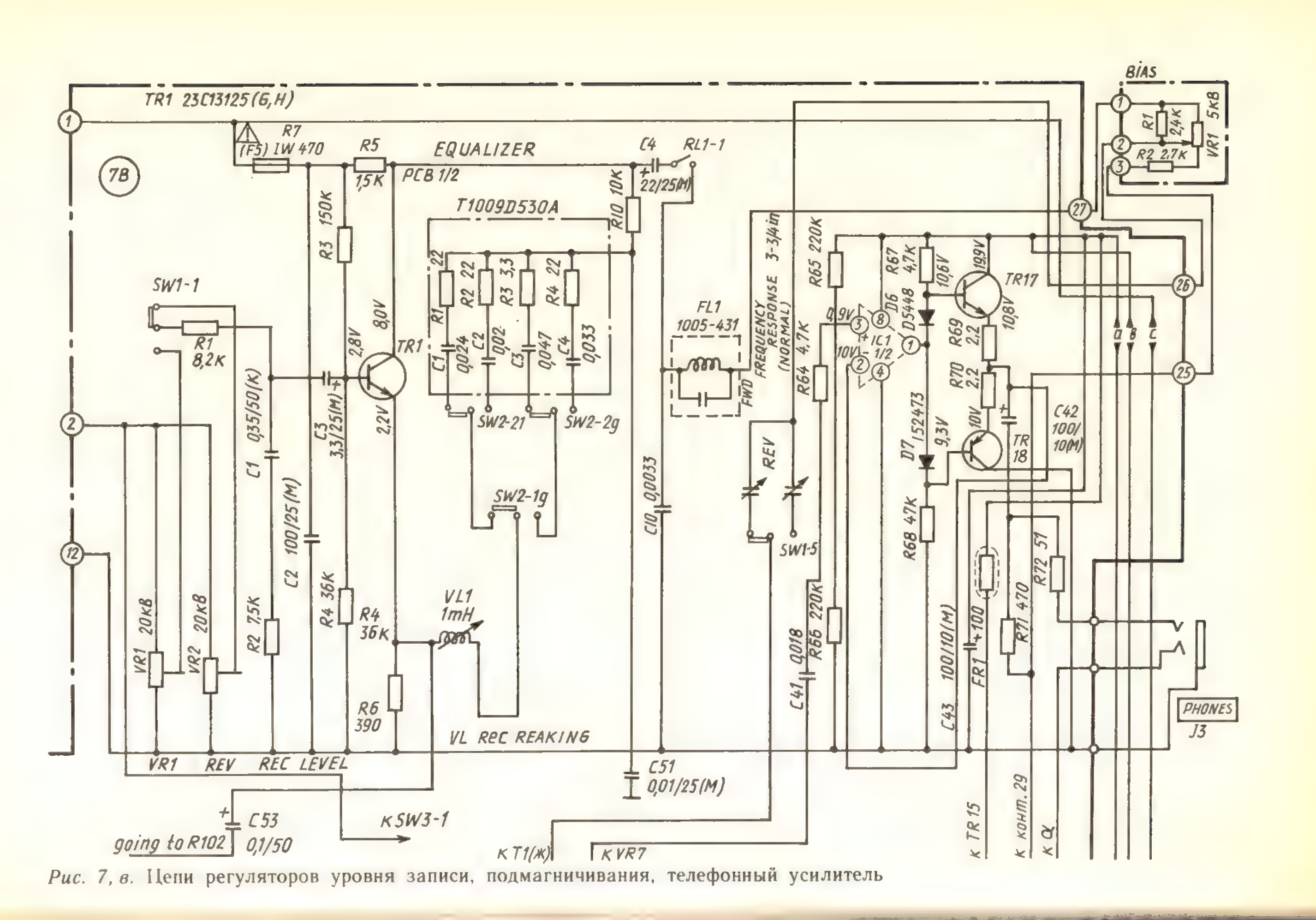


Рис. 7, в. Цепи регуляторов уровня записи, подмагничивания, телефонный усилитель

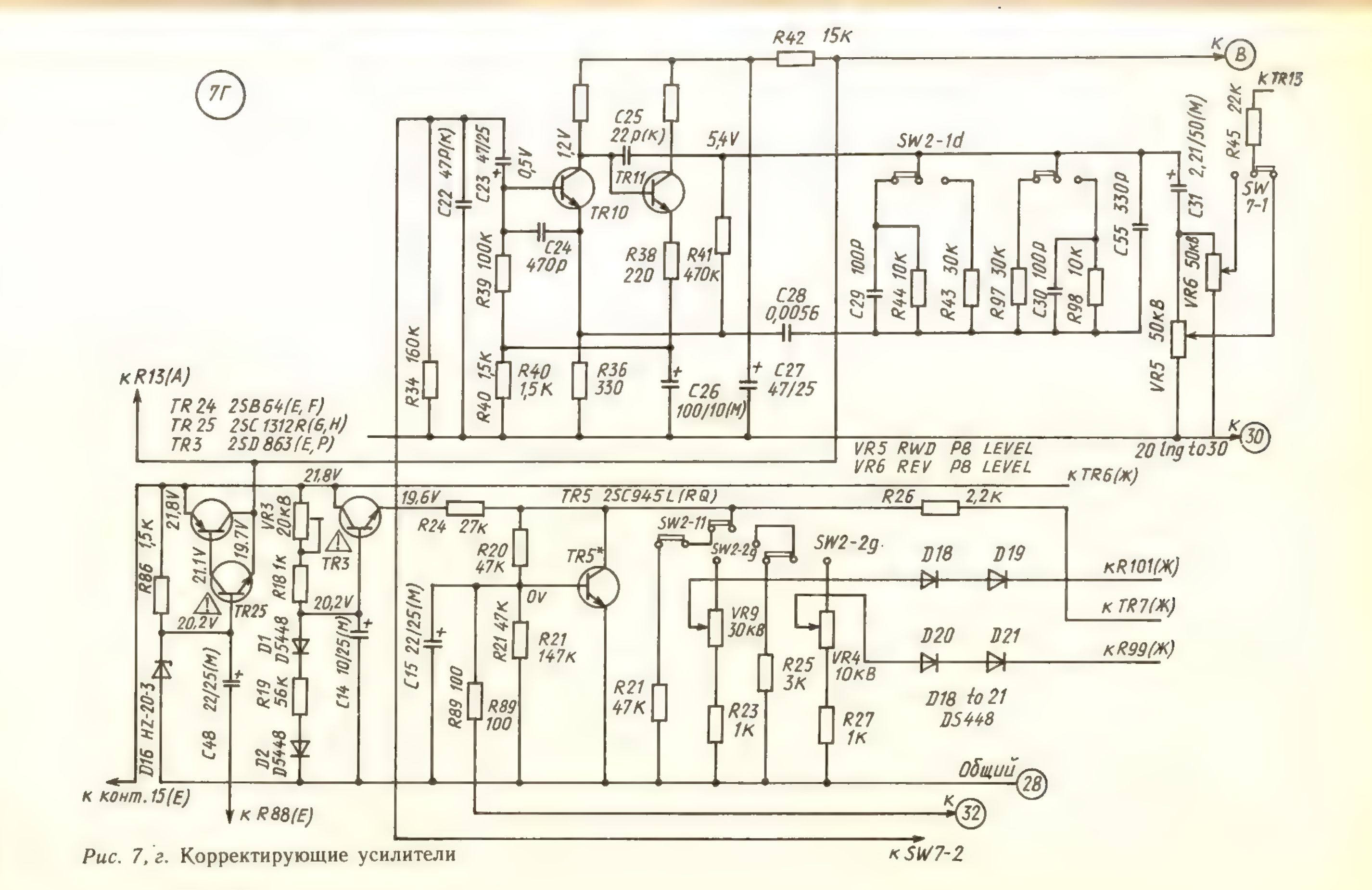


Рис. 7, г. Корректирующие усилители

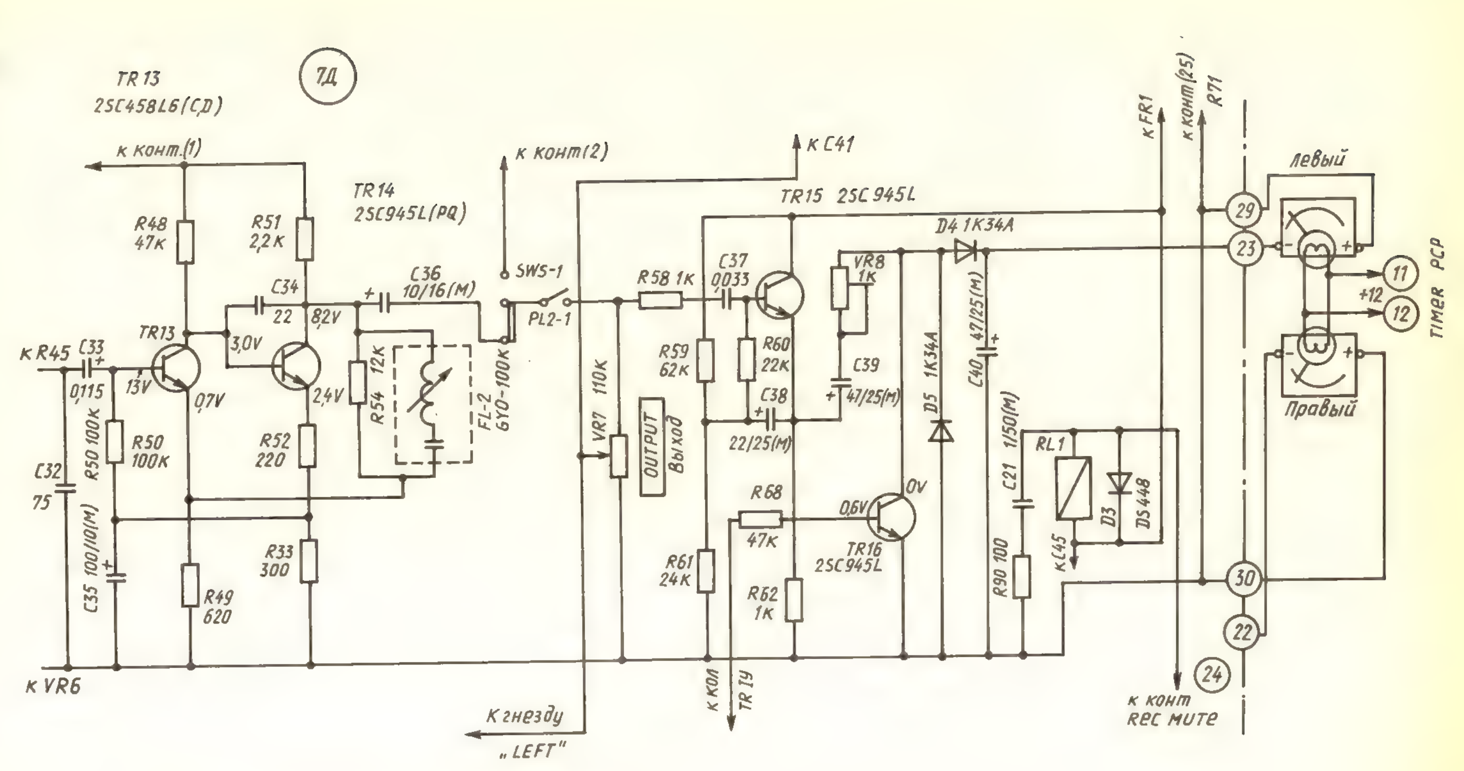


Рис. 7, д. Цепи регулировки выхода, индикаторы уровня

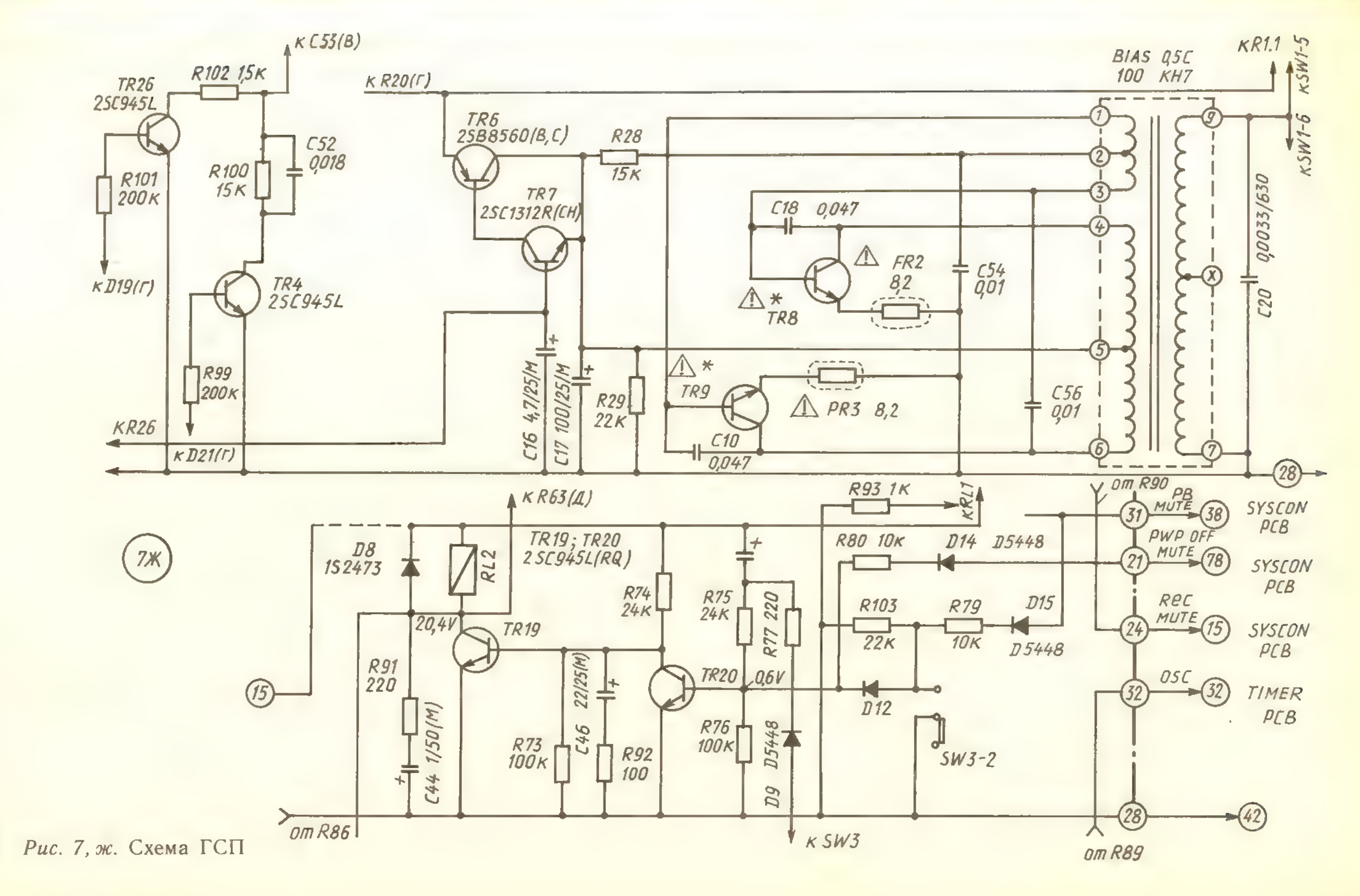


Рис. 7, ж. Схема ГСП

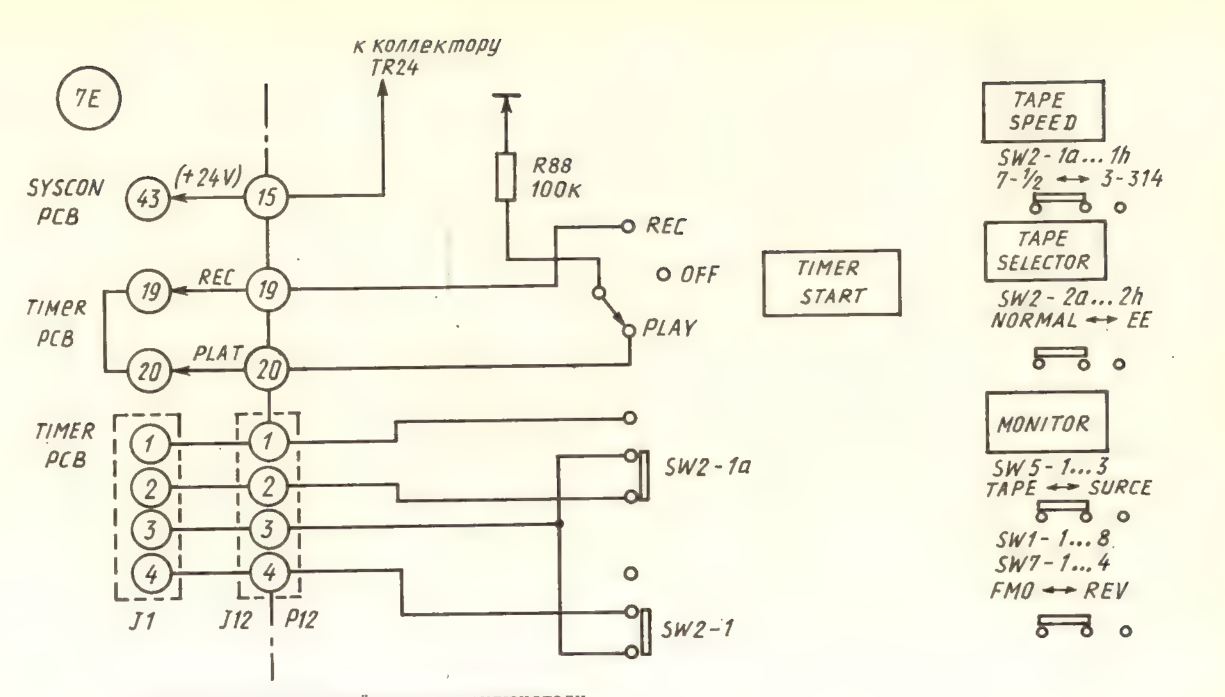


Рис. 7, е. Цепи подключения таймера, переключатели

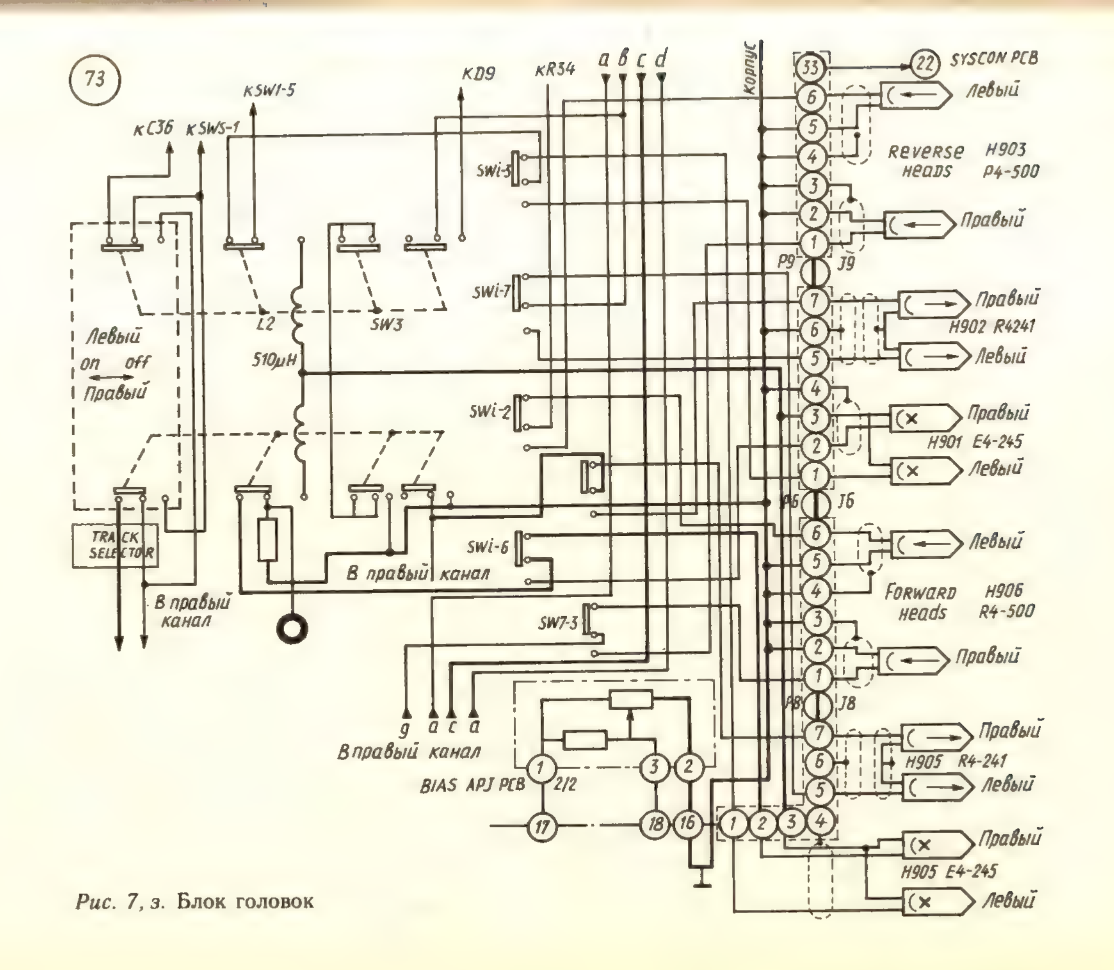
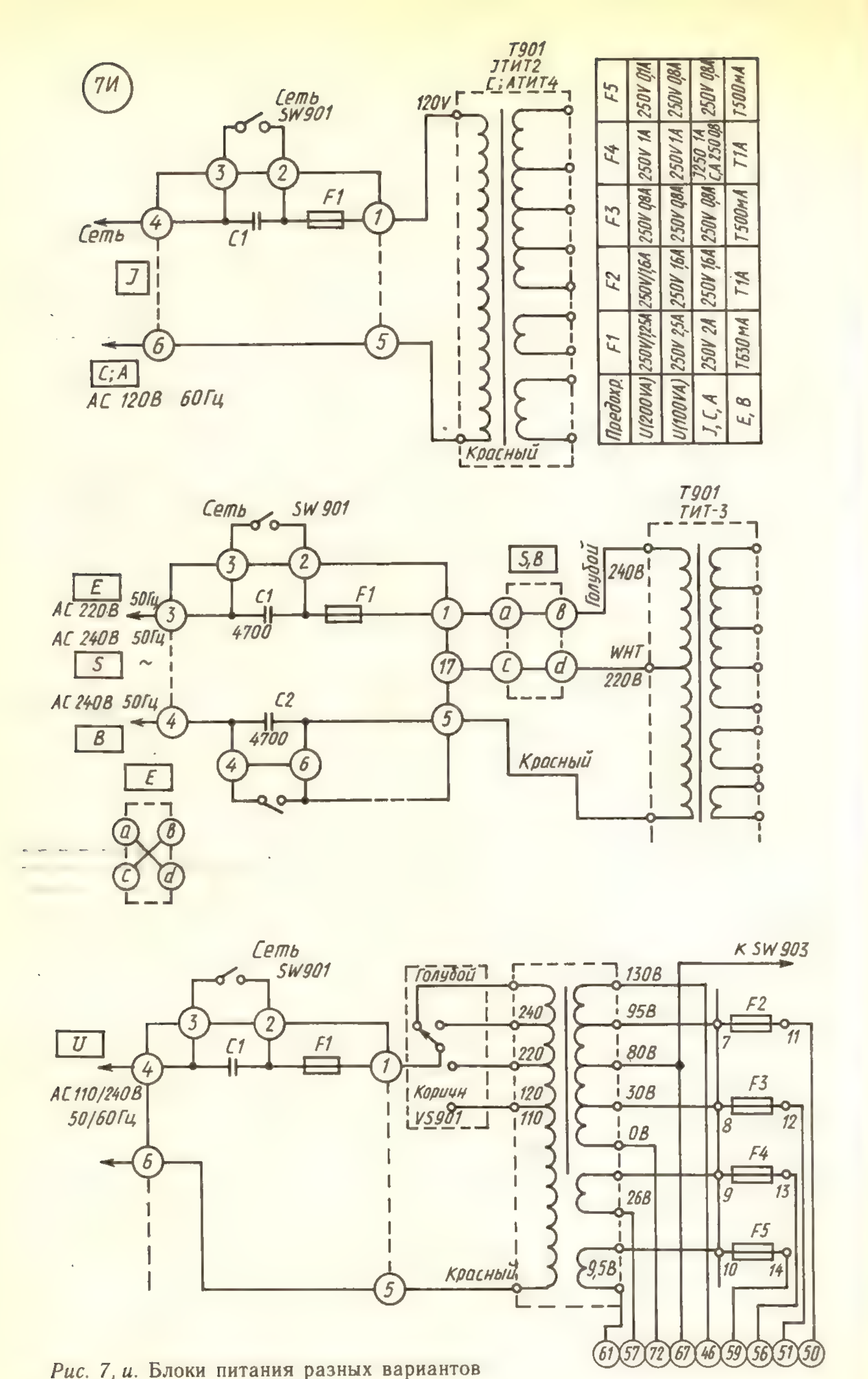
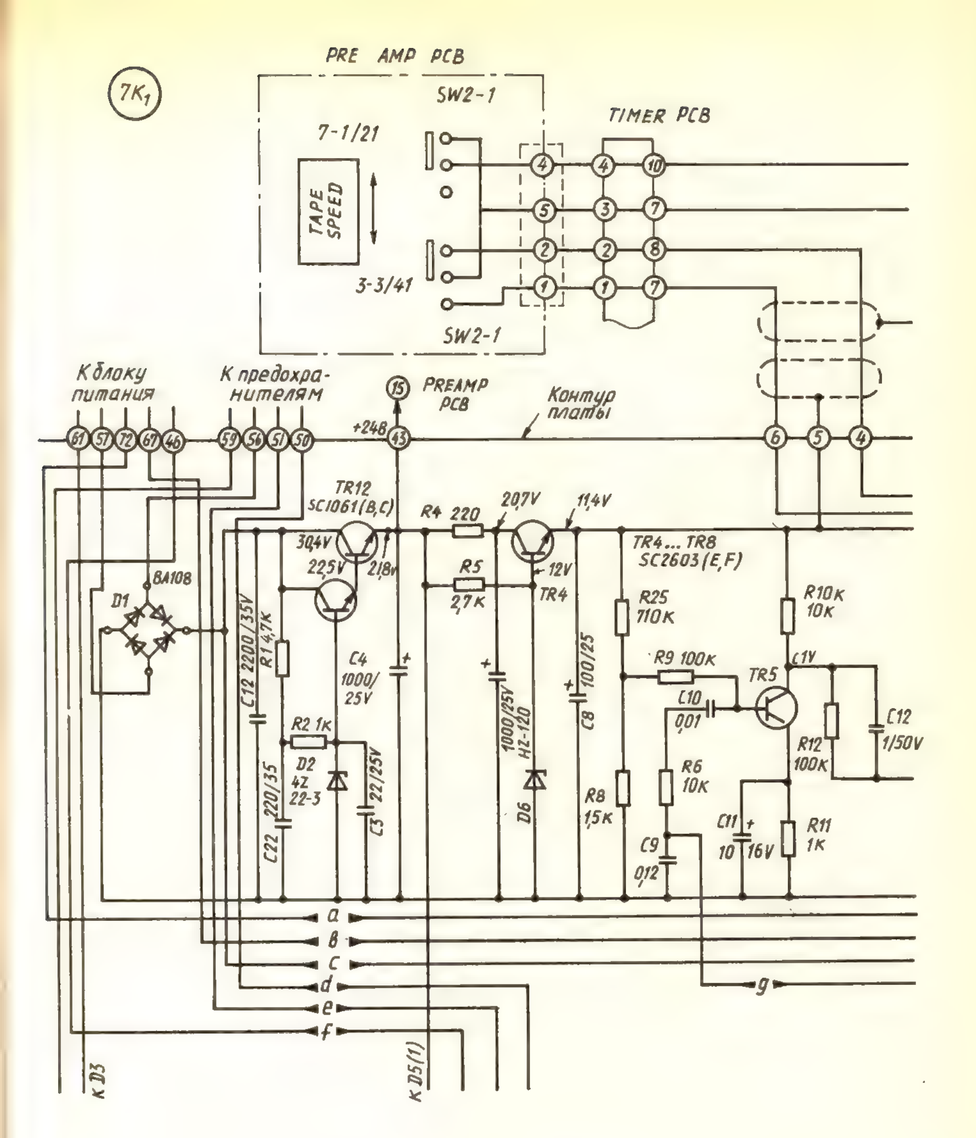


Рис. 7, з. Блок головок

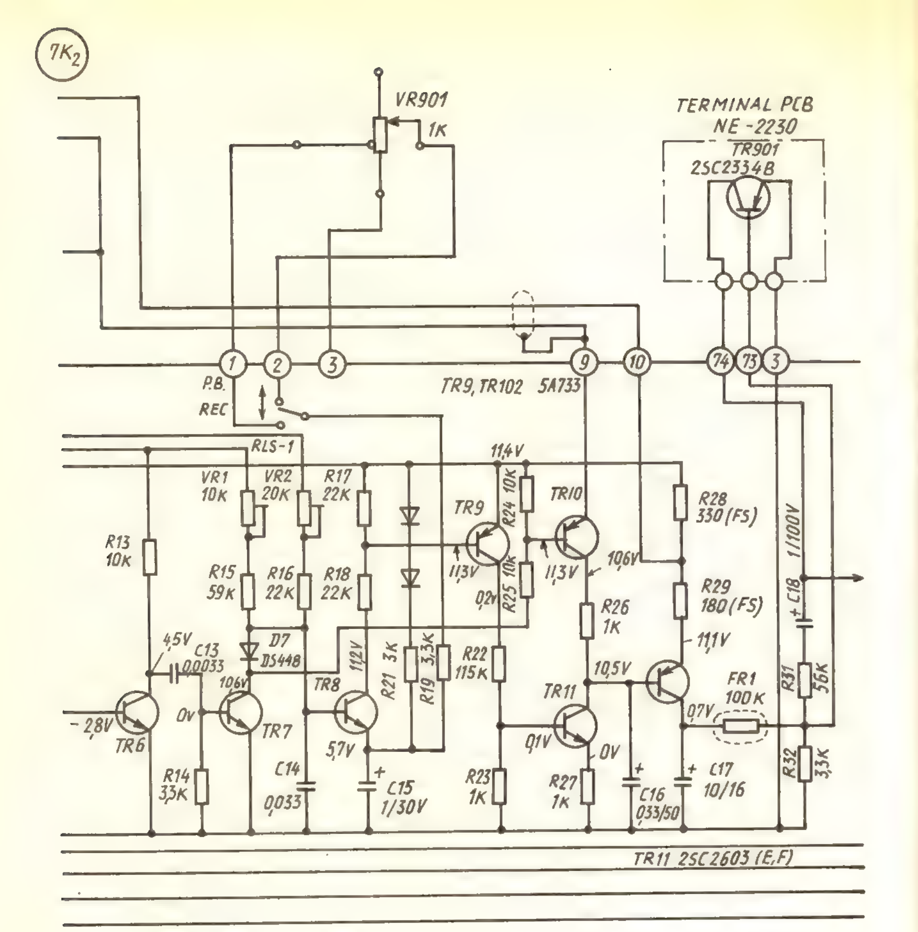


Предохр.	F1	F2	F3	F4	F5
U(200VA)	250V/1,25A	250V/1,6A	250V 0,8A	250V 1A	250V 0,1A
U(100VA)	250V 2,5A	250V 1,6A	250V 0,8A	250V 1A	250V 0,8A
J, C, A	250V 2A	250V 1,6A	250V 0,8A	T250 1A C,A 250 0,8	250V 0,8A
E, B	T630mA	T1A	T500mA	T1A	T500mA

Рис. 7, и. Блоки питания разных вариантов



7K1
PRE AMP PCB
SW2-1
7-1/21
TAPE SPEED
3-3/41
SW2-1
TIMER PCB
К блоку питания
К предохранителям
PREAMP PCB
Контур платы
+24В
TR12
SC1061(B,C)
R4 220
20,7V
11,4V
30,4V
22,5V
21,8V
R5
2,7K
12V
TR4
TR4... TR8
SC2603(E,F)
BA108
D1
C12 2200/35V
R1 4,7K
C4
1000/
25V
1000/25V
HZ-120
D6
100/25
C8
R25
110K
R10K
10K
R9 100K
C1V
TR5
C10
0,01
C12
1/50V
R12
100K
R2 1K
D2
4Z
22-3
220/35
C22
22/25V
C3
R8
1,5K
R6
10K
C9
0,12
C11
10
16V
R11
1K
a
в
c
d
e
f
g
K D3
K D5(1)



7K2
VR901
1K
TERMINAL PCB
NE-2230
TR901
2SC2334B
P.B.
REC
TR9, TR102
5A733
RLS-1
11,4V
VR1
10K
VR2
20K
R17
22K
R24 10K
TR9
TR10
R28
330 (FS)
R13
10K
R15
59K
R16
22K
R18
22K
11,3V
11,3V
10,6V
0,2V
R25 10K
R26
1K
R29
180 (FS)
1/100V
C18
4,5V
C13
0,0033
D7
DS448
11,2V
R21 3K
3,3K
R19
R22
115K
11,1V
10,6V
TR8
10,5V
TR11
FR1
100K
0,7V
R31
56K
-2,8V
TR6
0V
TR7
5,7V
0,1V
0V
R14
3,3K
C14
0,033
C15
1/30V
R23
1K
R27
1K
C16
0,33/50
C17
10/16
R32
3,3K
TR11 2SC2603 (E,F)

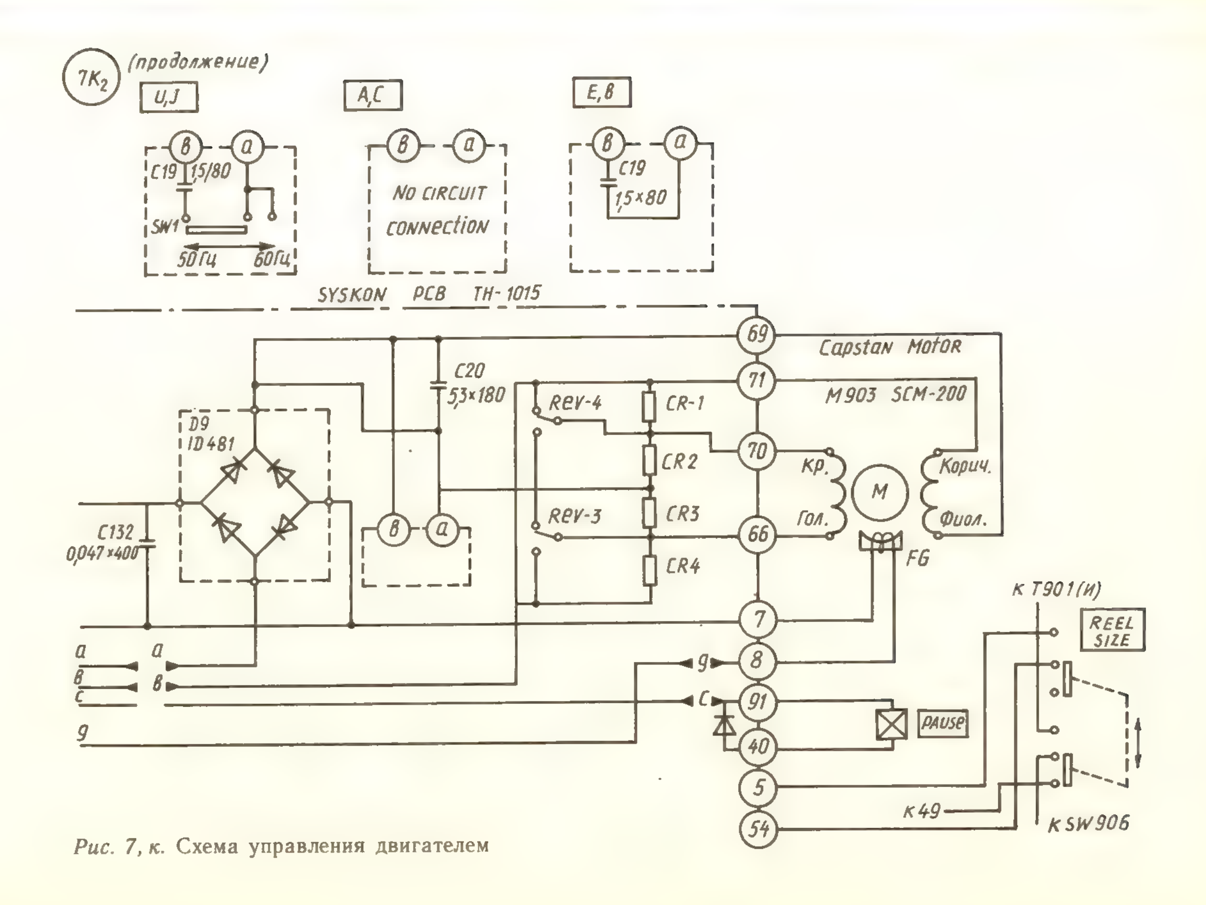
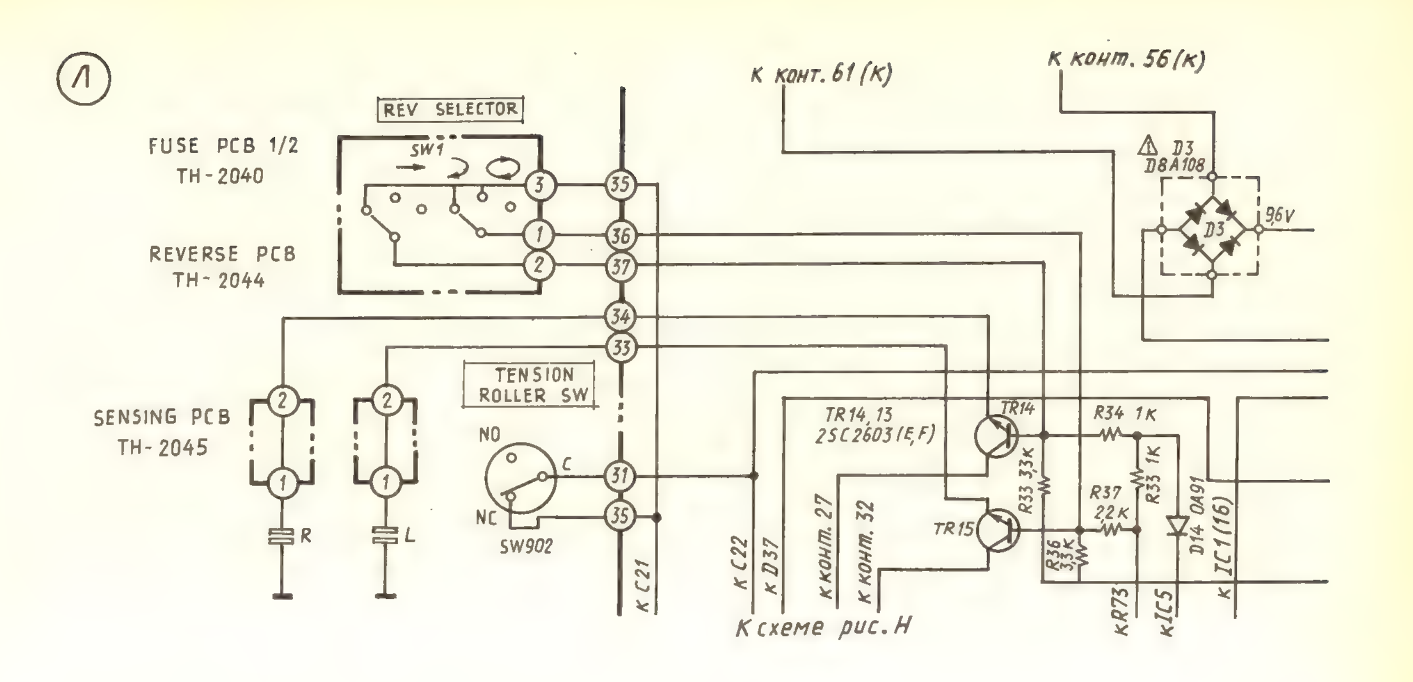


Рис. 7, к. Схема управления двигателем


Л
FUSE PCB 1/2
TH-2040
REVERSE PCB
TH-2044
SENSING PCB
TH-2045
REV SELECTOR
SW1
TENSION ROLLER SW
NO
C
NC
SW902
R
L
К конт. 61(К)
К конт. 56(К)
D3
D8A108
9,6V
D3
TR14,13
2SC2603(E,F)
TR14
TR15
R34 1K
R33 3,3K
R33 1K
R37 22K
R36 3,3K
D14 OA91
К C21
К C22
К D37
К конт. 27
К конт. 32
К схеме рис. Н
К R73
К IC5
К IC1(16)

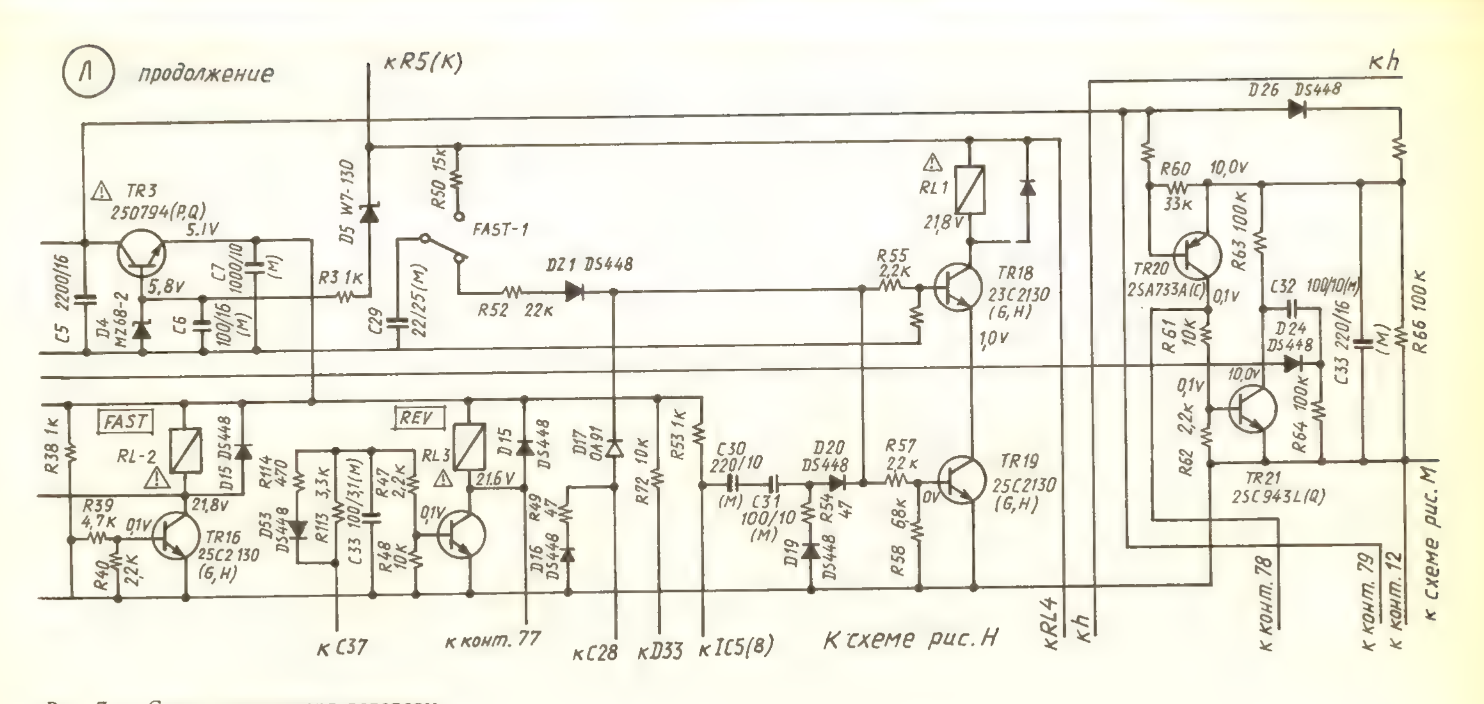


Рис. 7, л. Схема управления реверсом

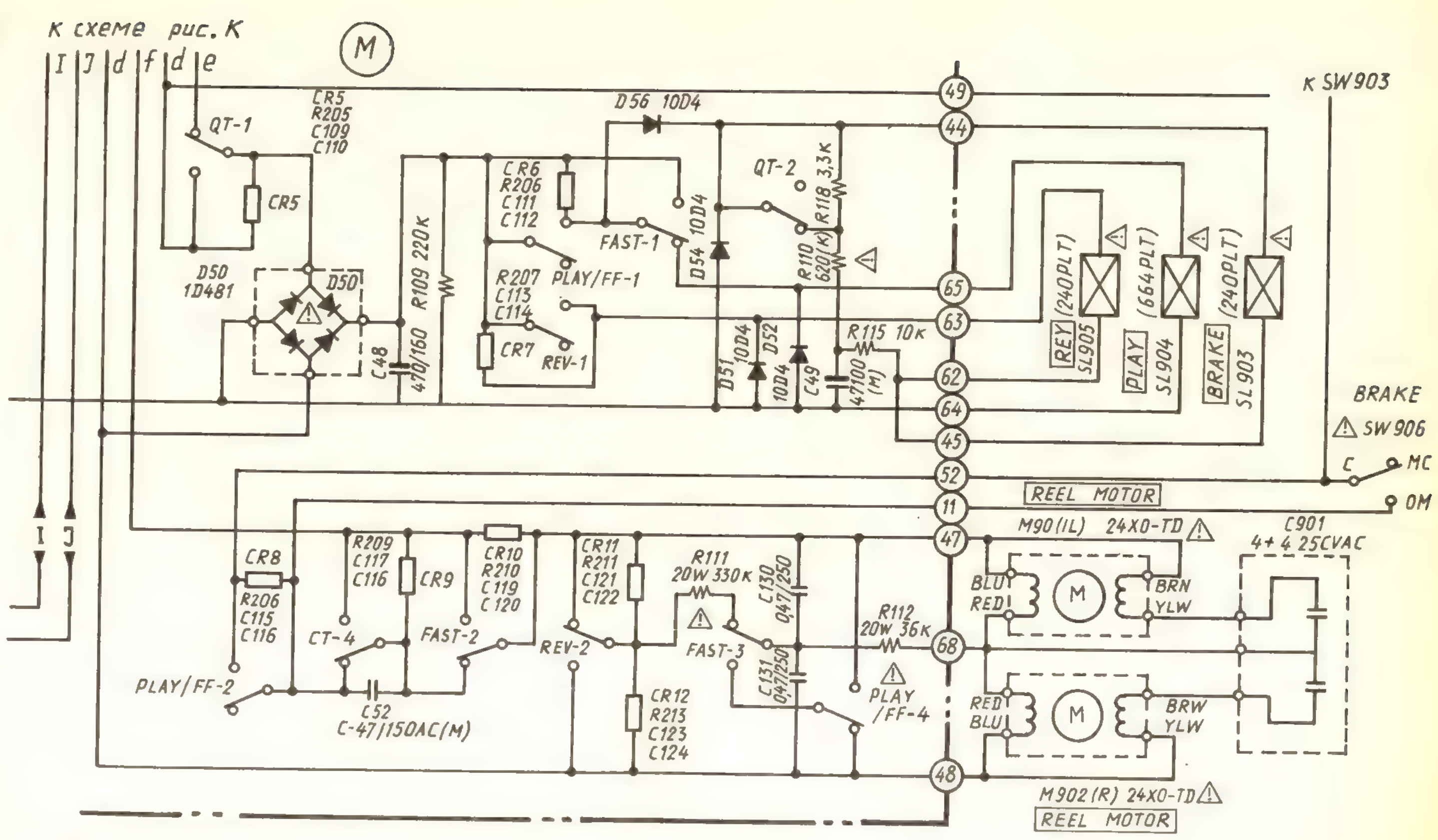
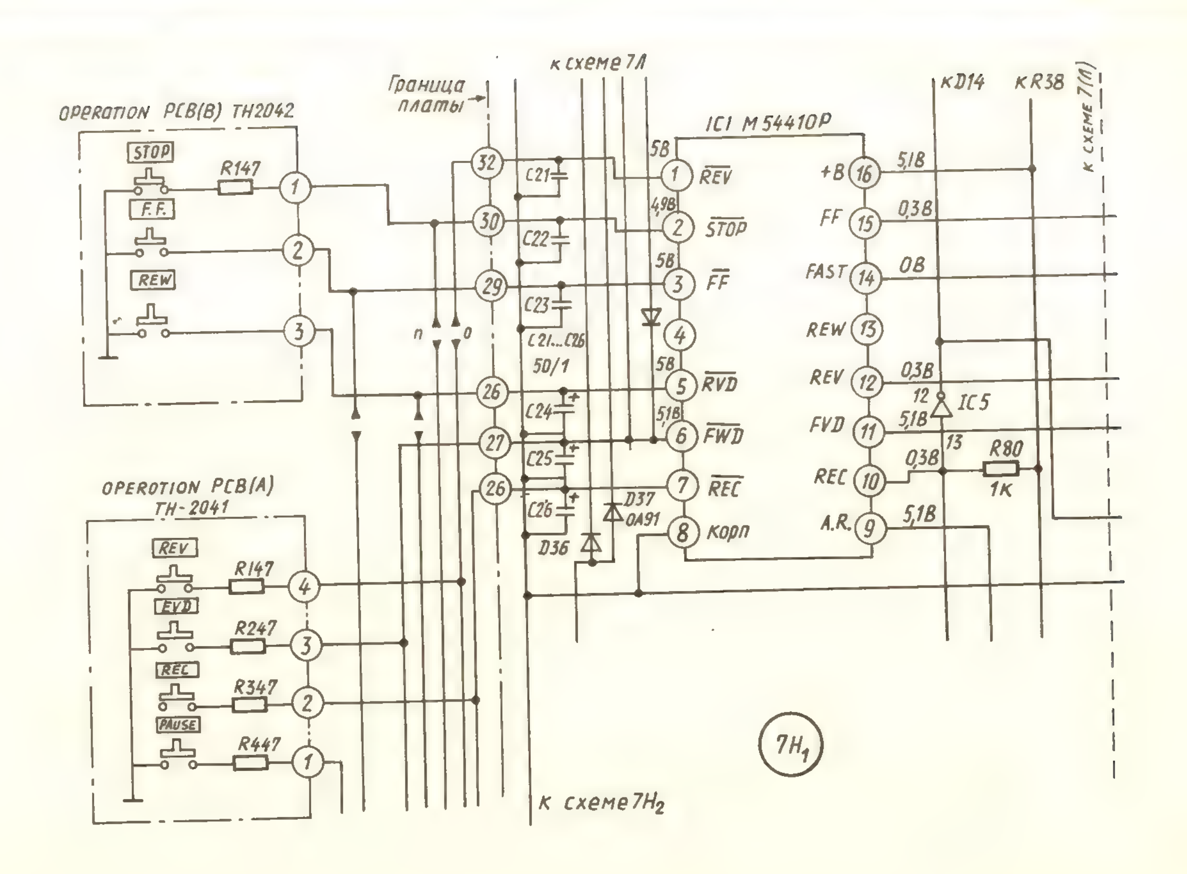
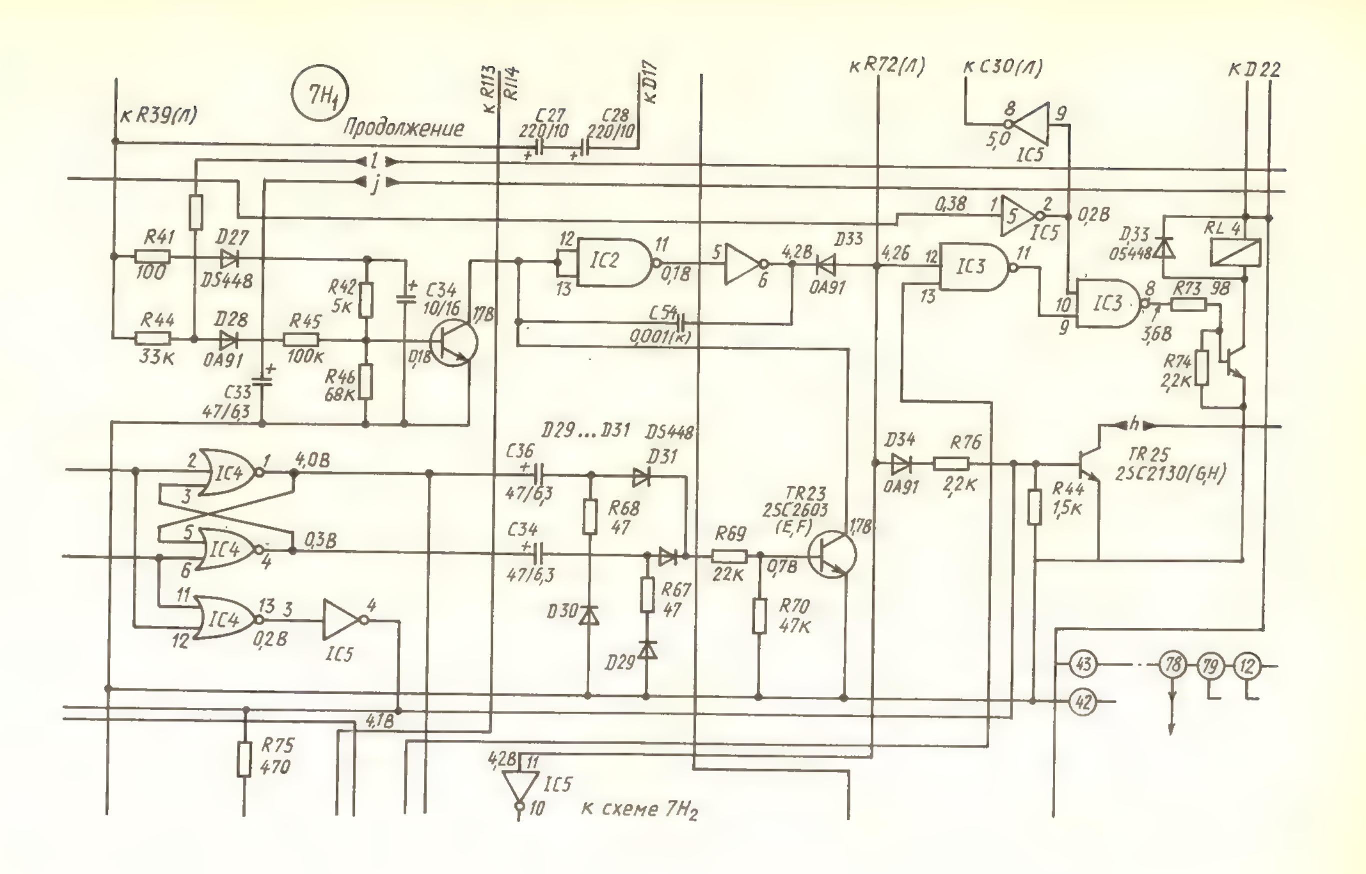
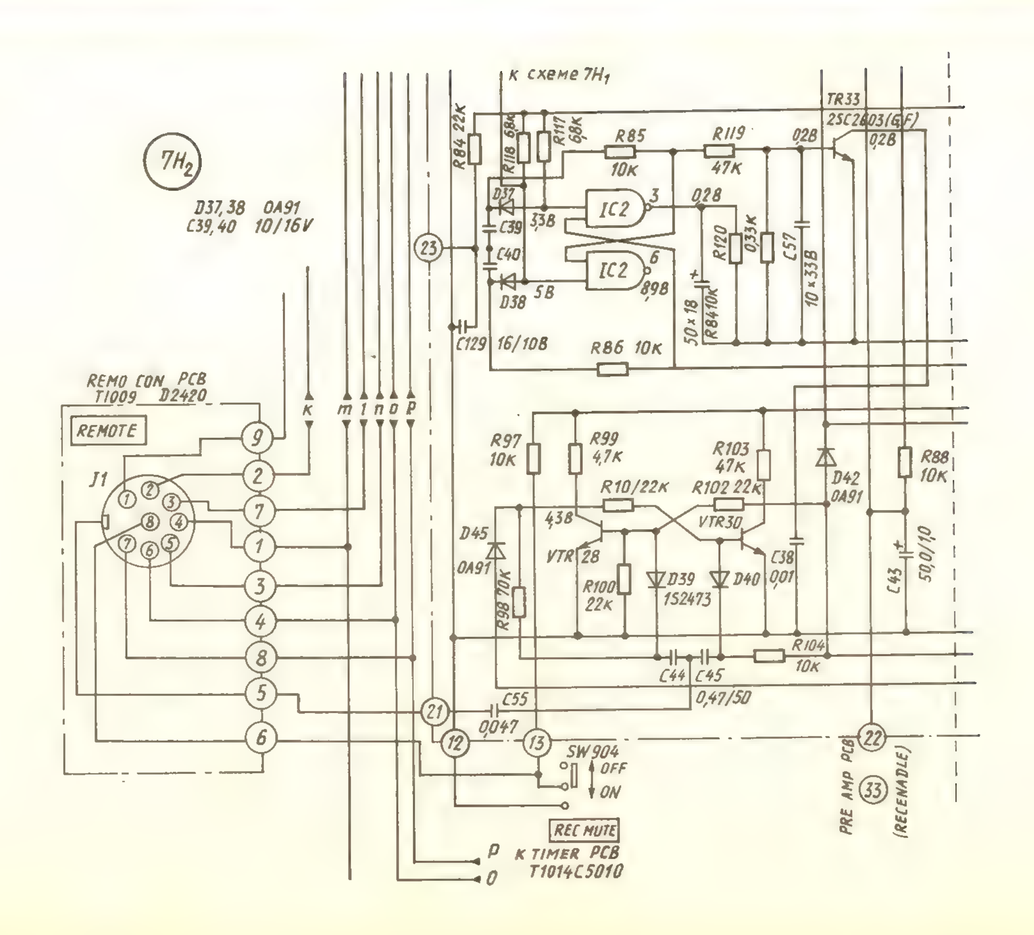


Рис. 7, м. Схемы коммутации электромагнитов режимов работы и двигателей



OPERATION PCB(B) TH2042
STOP
R147
F.F.
REW
Граница платы
к схеме 7Л
IC1 M54410P
к D14
к R38
к схеме 7(Л)
C21
C22
C23
C21...C26 50/1
C24
C25
C26
D37 0A91
D36
5В
4,9В
5В
5В
5,1В
REV
STOP
FF
RVD
FWD
REC
Корп
+B
FF
FAST
REW
REV
FVD
REC
A.R.
5,1В
0,3В
0В
0,3В
5,1В
0,3В
5,1В
IC5
R80
1K
OPEROTION PCB(A) TH-2041
REV
R147
EVD
R247
REC
R347
PAUSE
R447
к схеме 7Н₂
7Н₁


7H1
Продолжение
к R39(Л)
к R113 R114
к D17
к R72(Л)
к C30(Л)
к D22
C27 220/10
C28 220/10
R41 100
D27 DS448
R44 33K
D28 OA91
R45 100K
R42 5K
R46 68K
C34 10/16
C33 47/6,3
IC2
C54 0,001(K)
D33 OA91
IC3
IC5
D33 DS448
RL 4
R73 98
R74 2,2K
D29...D31 DS448
C36 47/6,3
C34 47/6,3
R68 47
R67 47
TR23 2SC2603 (E,F)
R69 22K
R70 47K
D34 OA91
R76 22K
R44 1,5K
TR25 2SC2130(GH)
IC4
R75 470
к схеме 7H2


к схеме 7H1
7H2
D37,38 OA91
C39,40 10/16V
TR33
2SC2603(G,F)
R84 22K
R118 6,8K
R117 6,8K
R85 10K
R119 47K
IC2
D37
D38
C39
C40
3,3B
5B
8,9B
0,2B
R120
0,33K
C57
10×33B
50×18
R84 10K
C129 16/10B
R86 10K
REMO CON PCB
T1009 D2420
REMOTE
J1
k
m l n o p
R97 10K
R99 4,7K
R10/22K
R103 47K
R102 22K
4,3B
VTR28
VTR30
D45 OA91
R98 70K
R100 22K
D39 1S2473
D40
C38 0,01
D42 OA91
R88 10K
C43
50,0/10
R104 10K
C44 C45
0,47/50
C55
0,047
SW904
OFF
ON
REC MUTE
К TIMER PCB
T1014C5010
PRE AMP PCB
(RECENADLE)

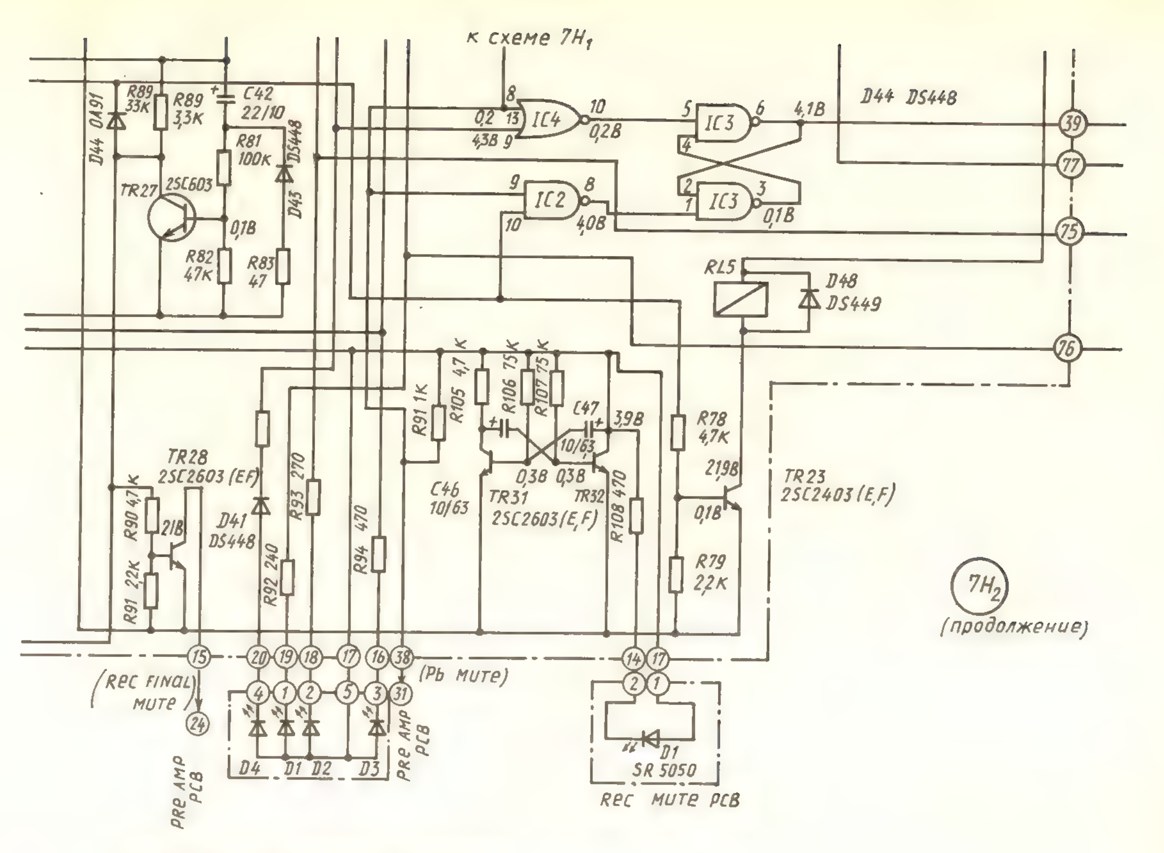
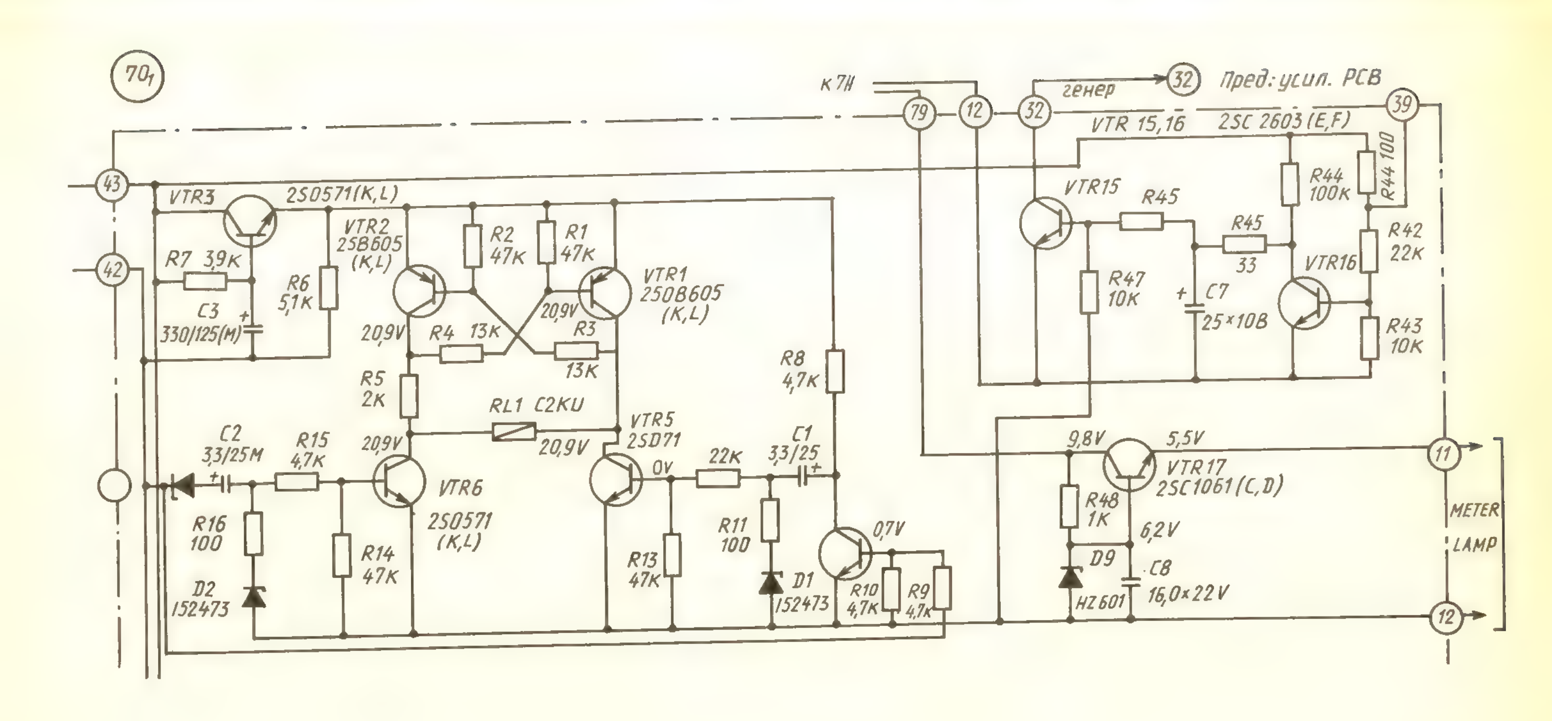


Рис. 7, н. Схема блока управления механикой



70₁
к 7Н
генер
Пред: усил. PCB
VTR 15,16
2SC 2603 (E,F)
VTR3
2SD571 (K,L)
R7 3,9K
C3 330/125(M)
R6 5,1K
VTR2 2SB605 (K,L)
R2 47K
R1 47K
VTR1 2SB605 (K,L)
20,9V
R4 13K
R3 13K
R5 2K
RL1 C2KU
VTR5 2SD71
0V
22K
C1 3,3/25
R8 4,7K
C2 3,3/25M
R15 4,7K
VTR6 2SD571 (K,L)
R16 100
D2 1S2473
R14 47K
R13 47K
R11 100
D1 1S2473
0,7V
R10 4,7K
R9 4,7K
VTR15
R45
R45 33
R47 10K
C7 25×10B
R44 100K
R44 100
R42 22K
VTR16
R43 10K
9,8V
5,5V
VTR17 2SC1061 (C,D)
R48 1K
6,2V
D9 HZ601
C8 16,0×22V
METER
LAMP

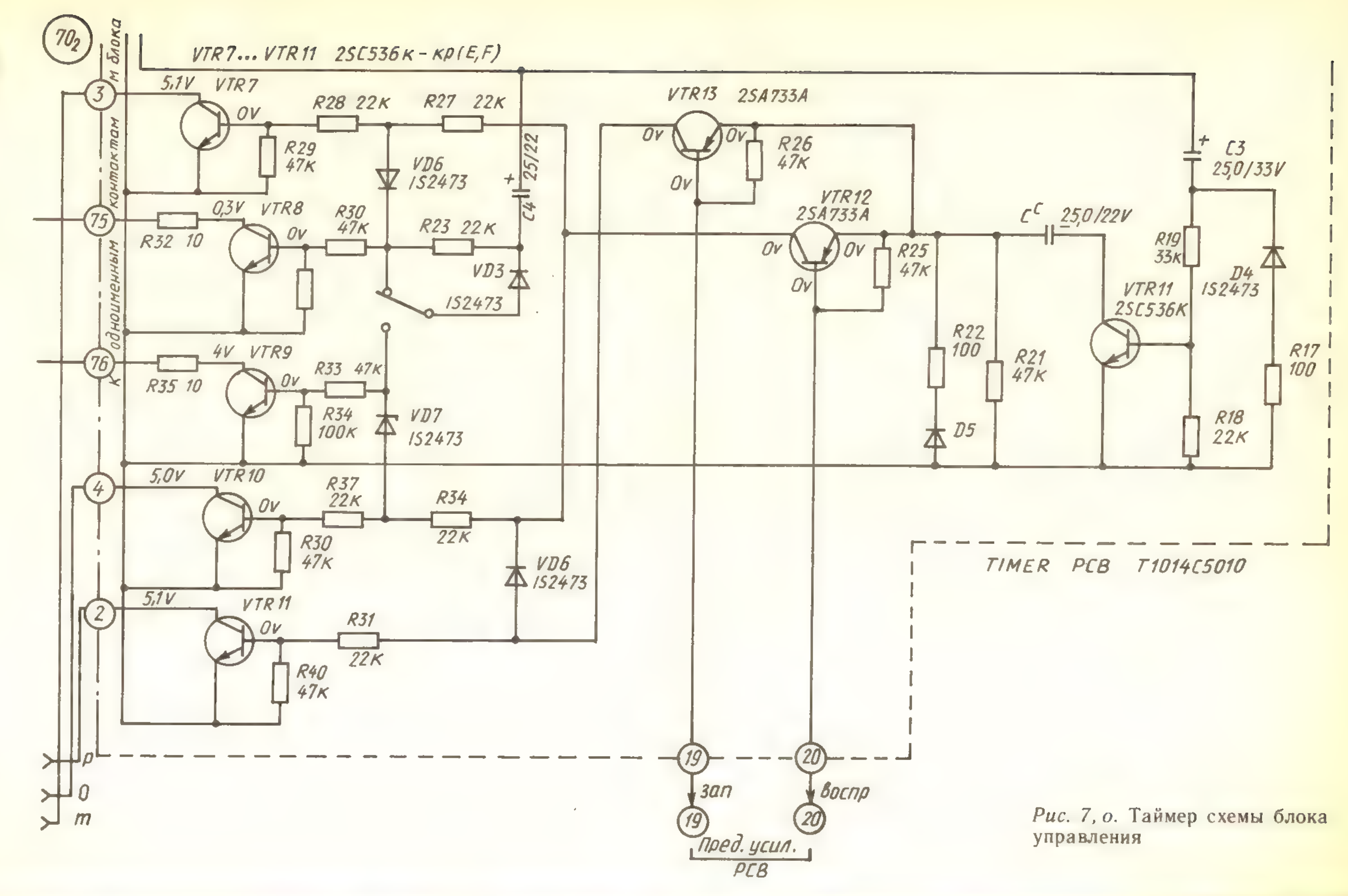


Рис. 7, о. Таймер схемы блока управления

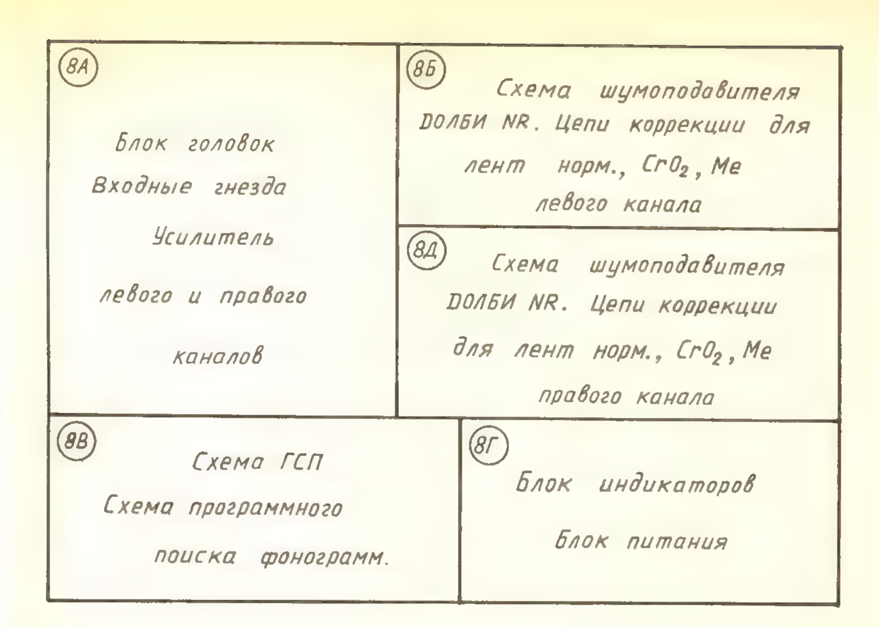


Рис. 8. Расположение блоков на принципиальной схеме кассетной деки «Шарп Р1-31Н»

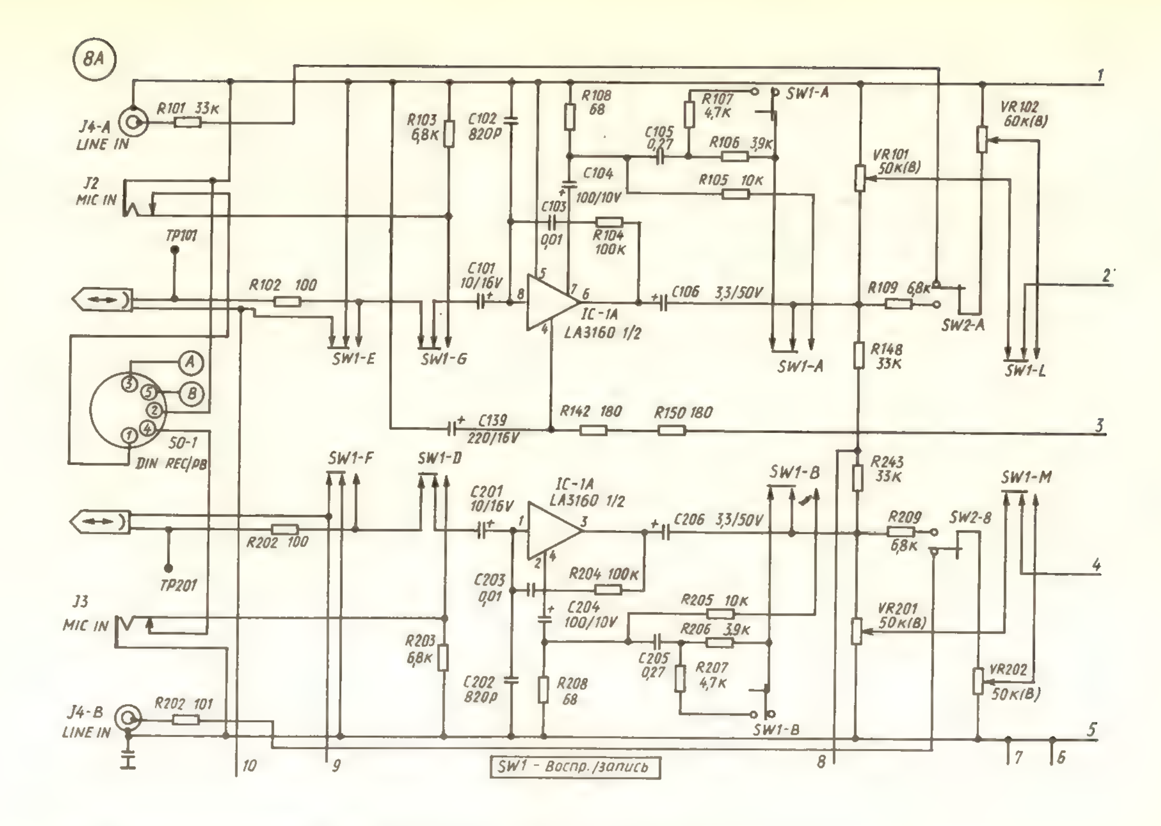


Рис. 8, а. Блок головок, входные гнезда, универсальный усилитель левого и правого каналов

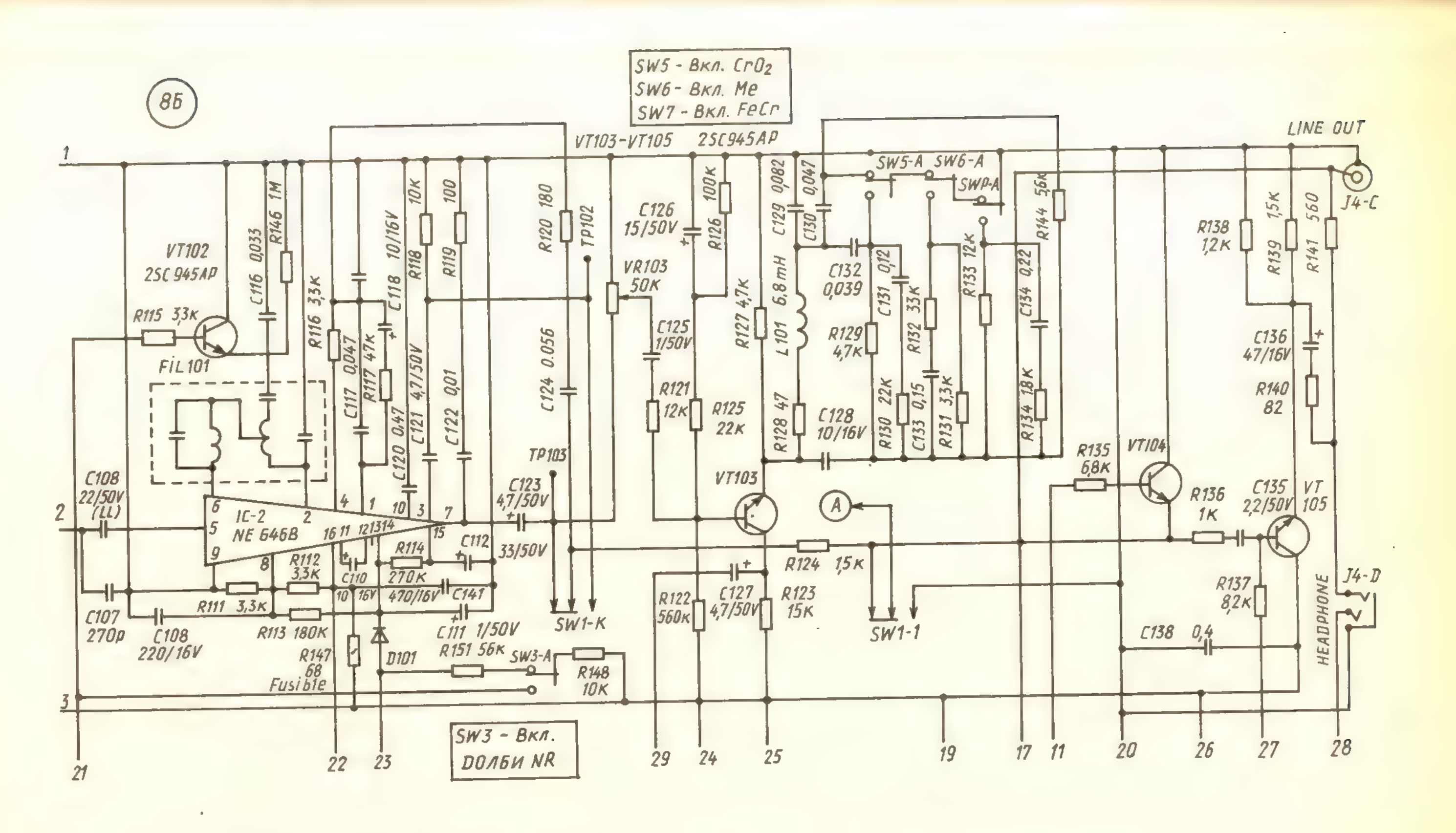


Рис. 8, б. Схема шумоподавителя Долби-NR, цепи коррекции для лент норм., CrO_2, Me левого канала

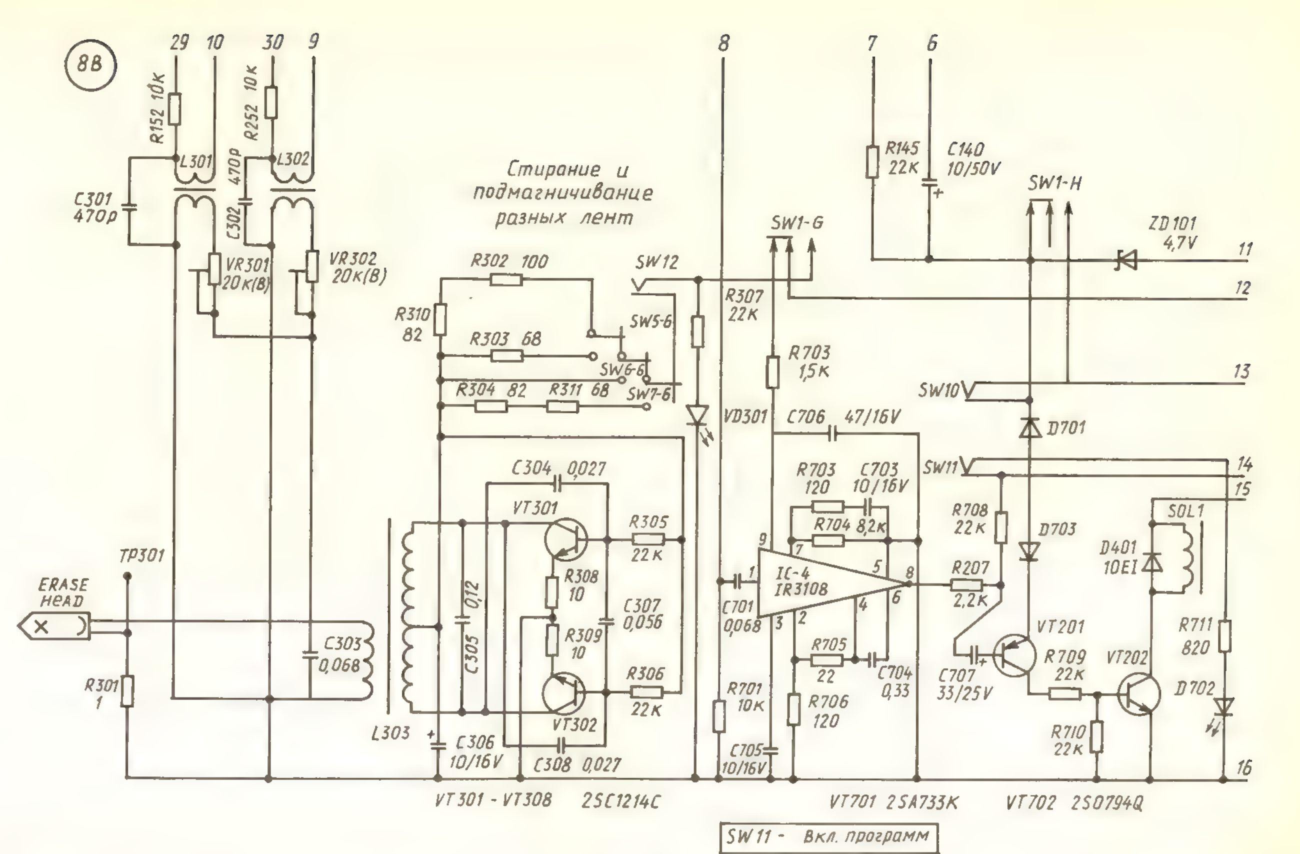


Рис. 8, в. Схема ГСП, схема программного поиска фонограмм

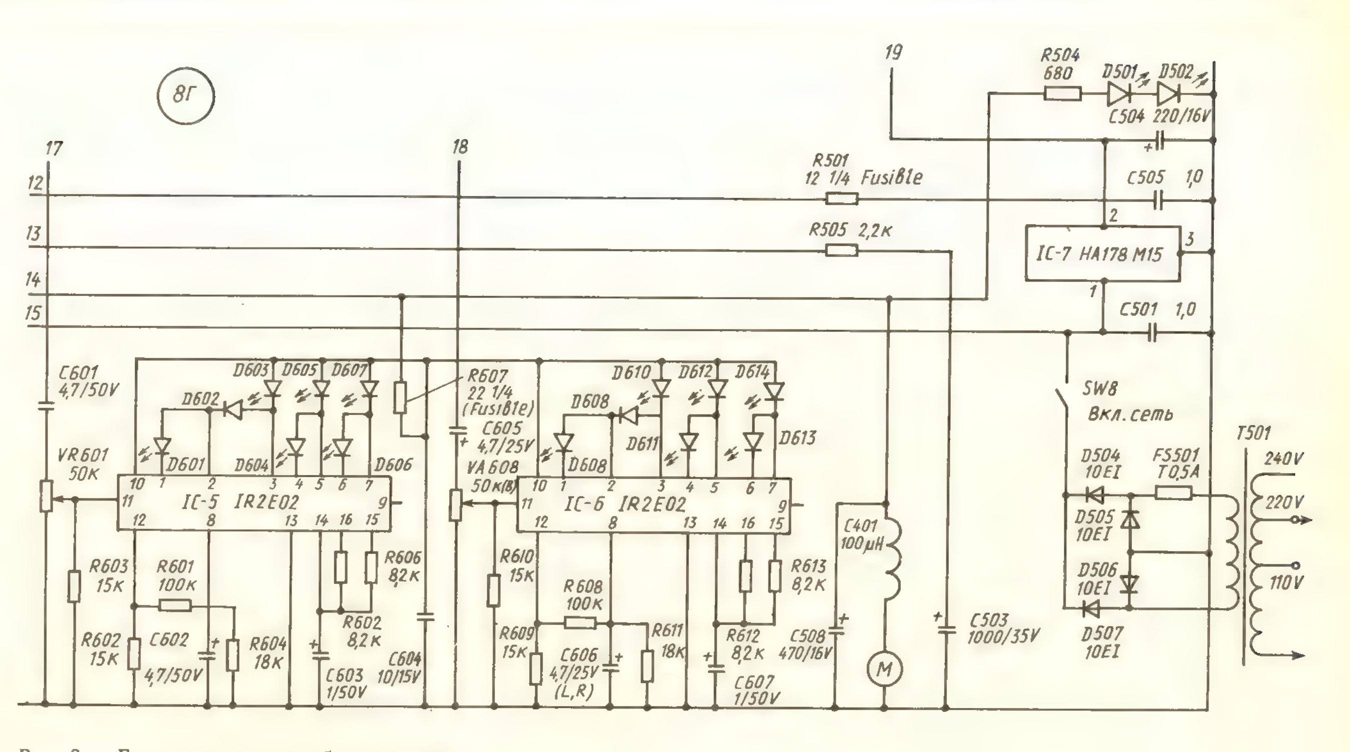


Рис. 8, г. Блок индикаторов, блок питания

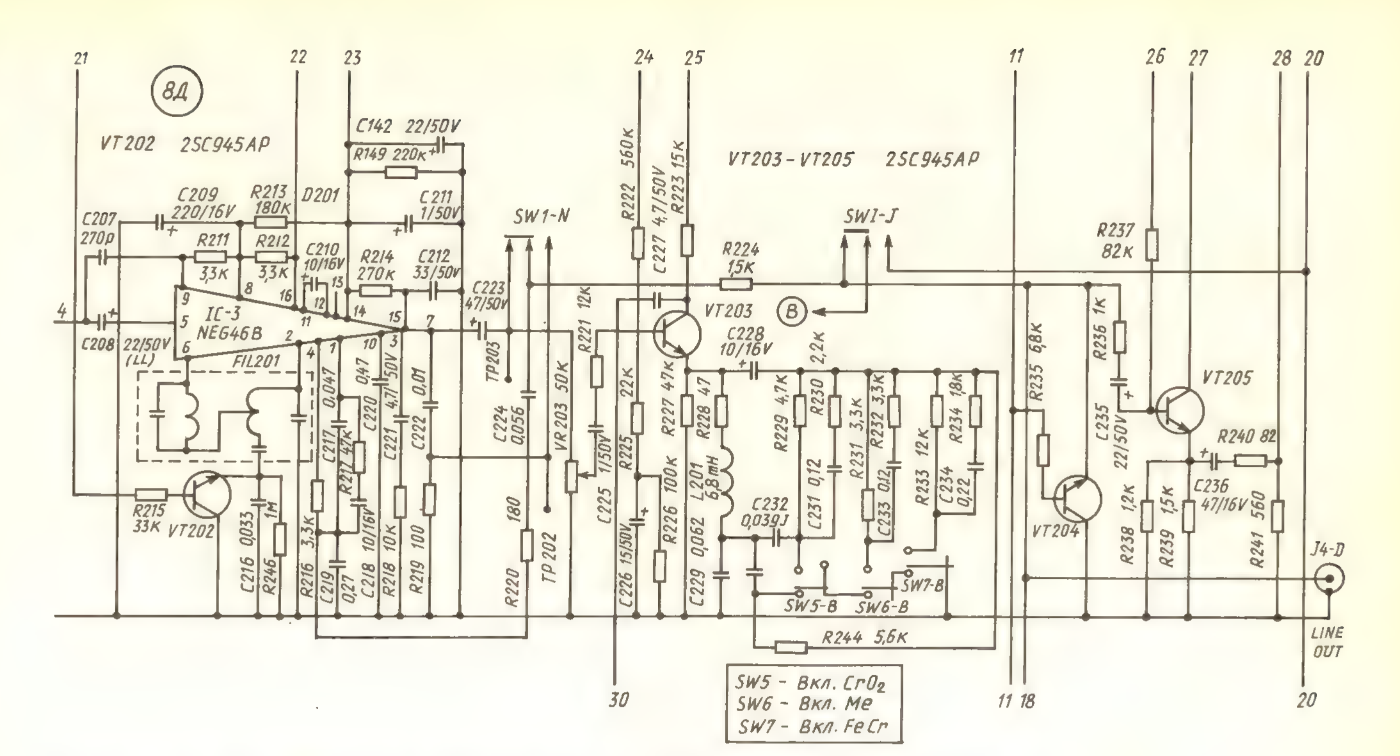


Рис. 8, д. Схема шумоподавителя Долби-NR, цепи коррекции для разных лент правого канала

9А Блок ВЧ радиоприемника	9Б Блок промежуточной частоты радиоприемника
9В Блок головок Усилитель воспроизведения магнитофона	9Г Усилитель мощности звуковой частоты

Рис. 9. Расположение блоков на принципиальной схеме автомобильной магнитолы «MUSTANG CRF-280B»

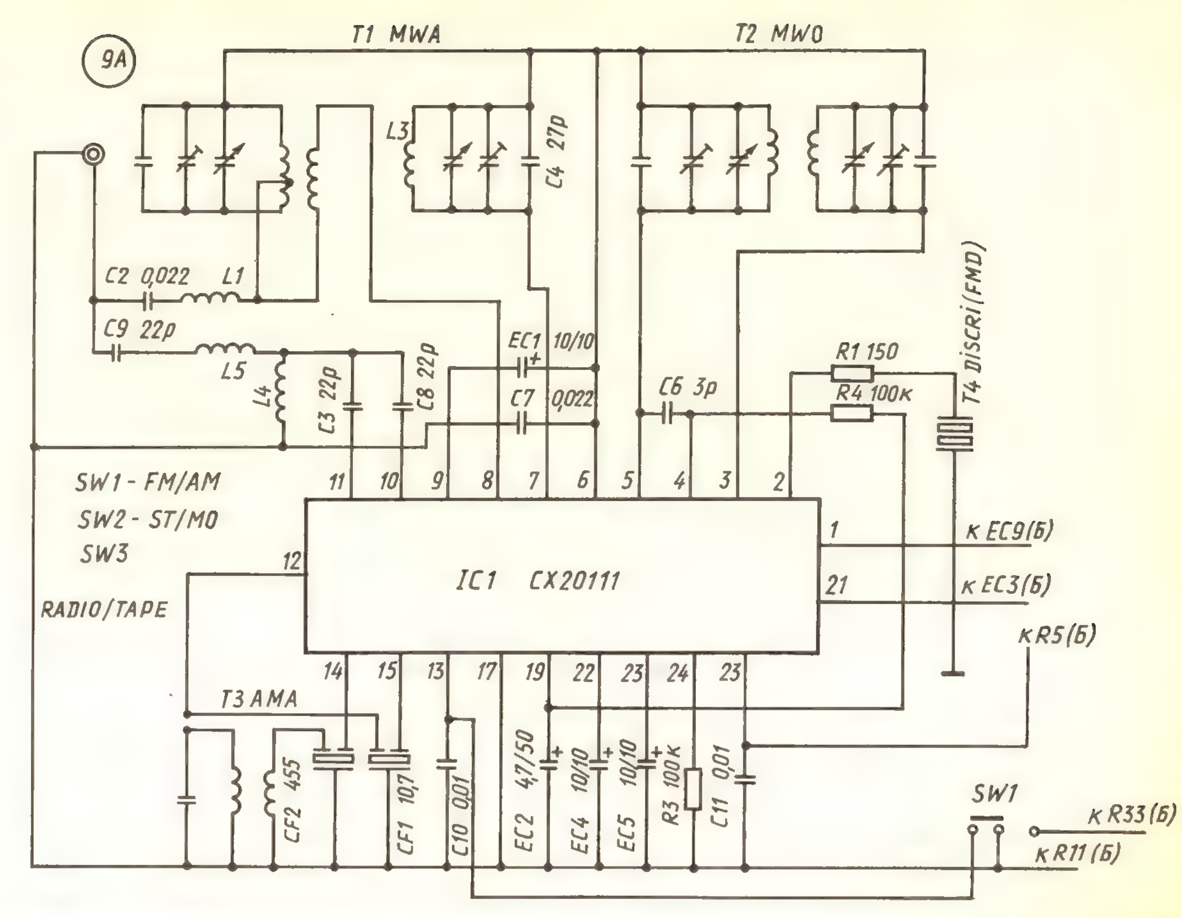


Рис. 9, а. Блок ВЧ радиоприемника

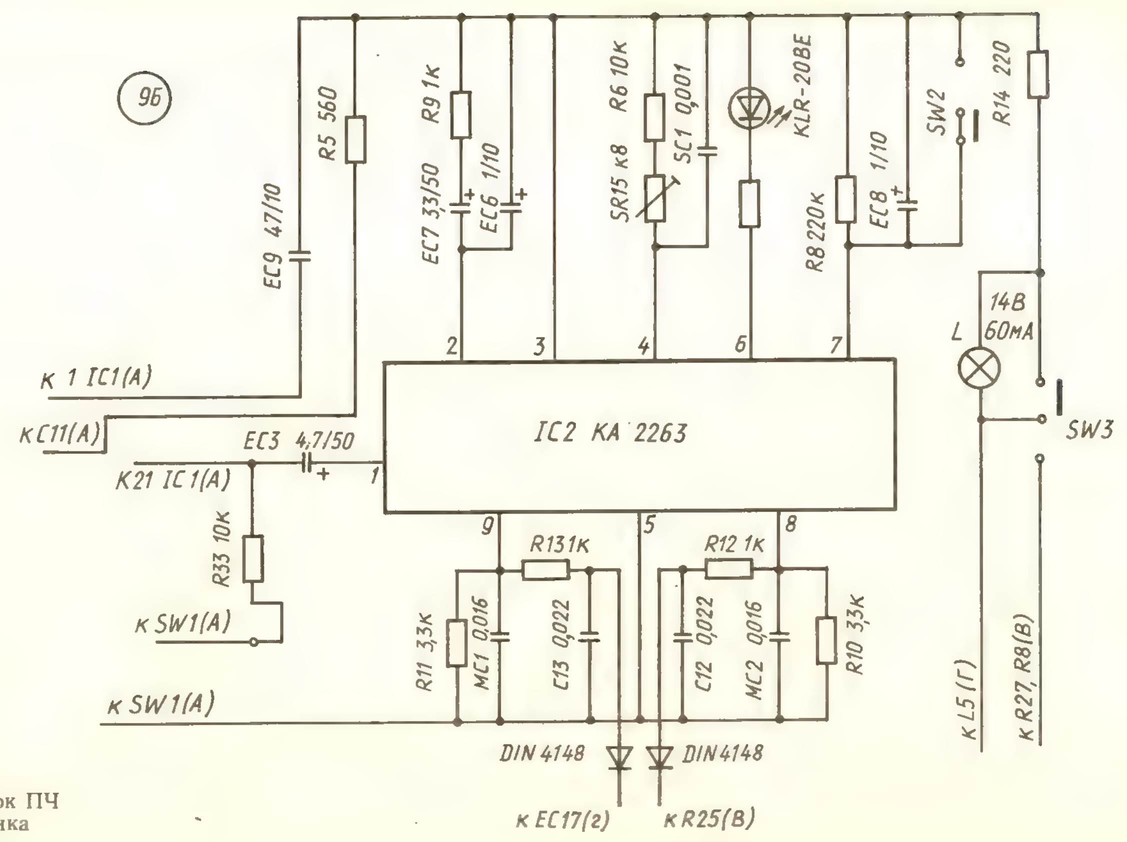


Рис. 9, б. Блок ПЧ радиоприемника

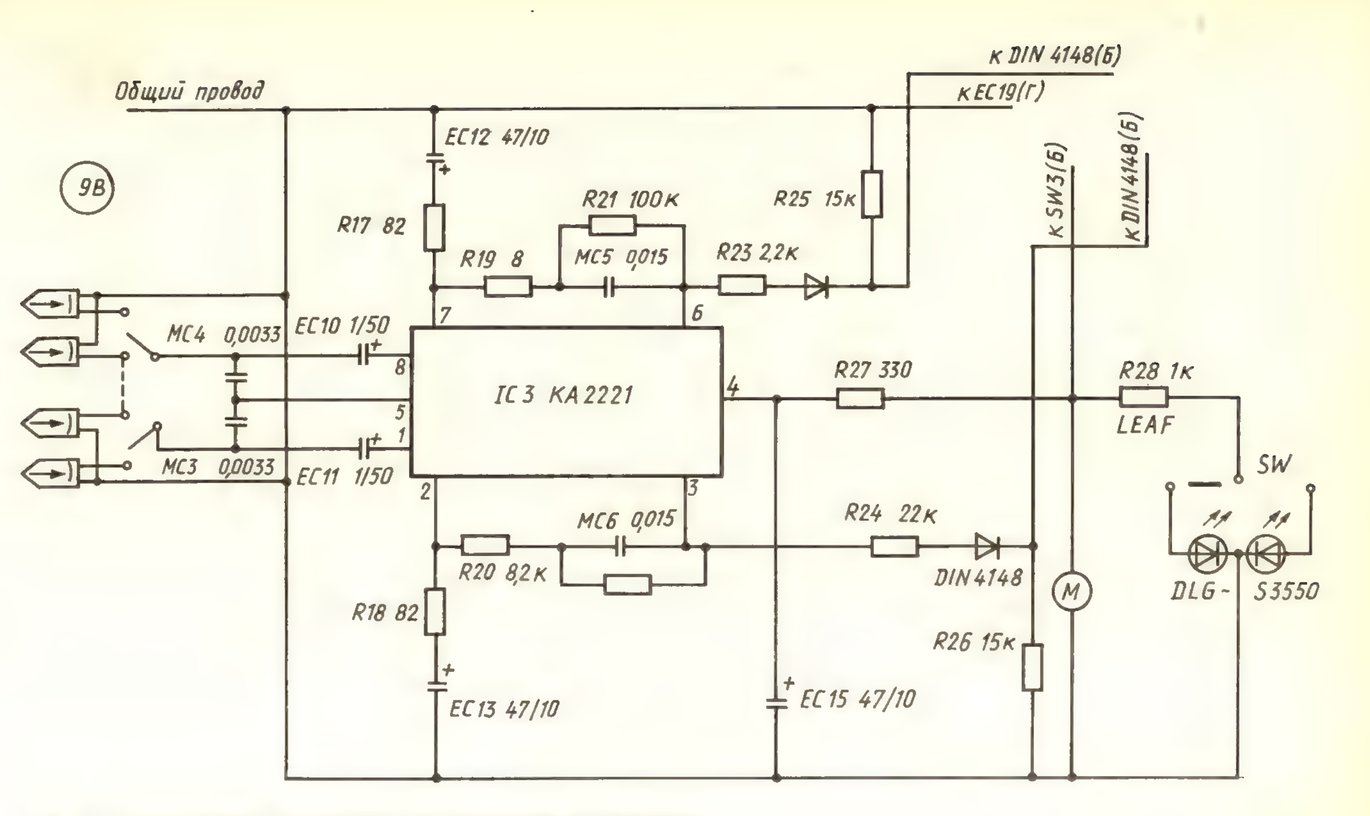
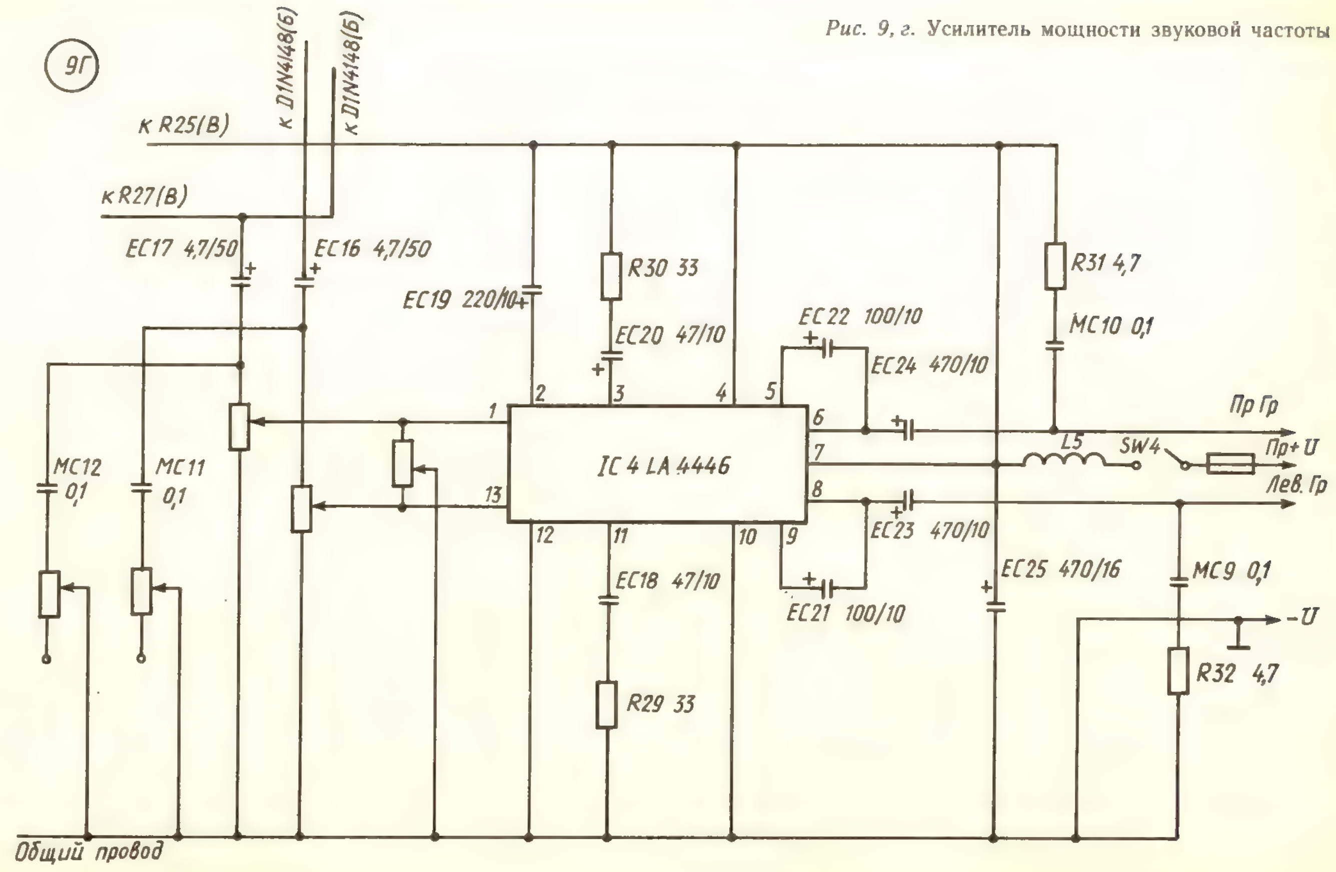


Рис. 9, в. Блок головок, усилитель воспроизведения магнитофона

Рис. 9, г. Усилитель мощности звуковой частоты



СОДЕРЖАНИЕ

Даниленко Б. П., Манкевич И. И.
Д 18 Отечественные и зарубежные магнитофоны: схемы, ремонт.— Мн.: Беларусь, 1994.— 617 с.: ил.

ISBN 5-338-00998-6.

Приведено описание электрических схем новейших магнитофонов отечественного и зарубежного производства. Даны рекомендации по их ремонту, настройке, измерению основных параметров. Представлен обширный справочный материал по транзисторам и микросхемам, их цоколевке и схемам включения, так необходимым при ремонте указанных магнитофонов.

Для радиолюбителей и мастеров по ремонту радиоаппаратуры.

6810846070—024
Д————————38—94 **ББК 32.871-5-08я2**
М301(03)—94

Справочное издание

Даниленко Борис Петрович
Манкевич Иван Иосифович

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ МАГНИТОФОНЫ:
СХЕМЫ. РЕМОНТ

Редактор Д. В. Василенко
Художественный редактор И. Г. Славянин
Технические редакторы Я. С. Шляшинская, С. Л. Сармант
Корректоры Г. К. Пискунова, Р. П. Иваненко, Л. Б. Шинкевич, Ю. Ц. Петрикеева

Сдано в набор 17.03.93. Подп. в печ. 17.02.94. Формат 60×90 1/16. Бумага кн.-журн. Гарнитура Литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 39,0. Усл. кр.-отт. 39,0. Уч.-изд. л. 44,3. Тираж 80 000 экз. Зак. 153.

Ордена Дружбы народов издательство «Беларусь» Министерства информации Республики Беларусь. Лицензия ЛВ № 2. 220600, Минск, проспект Машерова, 11.

Минский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат МППО им. Я. Коласа. 220005, Минск, Красная, 23.

Издательство «Беларусь»
планирует к выпуску в 1995—1966 гг.
следующие издания:

ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ.

Справочник.

Объем 40 уч.-изд. л.

Изложены основные понятия и определения в области метрологии. Рассмотрены вопросы, связанные с погрешностями измерения электрических и радиотехнических величин, методами измерений, структурой построения, принципом работы средств измерений от простейших приборов общего назначения до автоматизированных измерительных систем и комплексов, использующих микропроцессорную технику.

Дается классификация электрорадиоизмерительных приборов, обозначение их типов, основные технические характеристики, конструктивные особенности.

Для специалистов, использующих контрольно-измерительную технику, преподавателей и студентов ВУЗов и техникумов, а также радиолюбителей.

РЕМОНТ БЫТОВЫХ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Справочник.

Объем 15 уч.-изд. л.

Помещен необходимый справочный материал по акустическим системам (АС) и головкам громкоговорителей, применяемых в различной бытовой аппаратуре звуковоспроизведения.

Приведены различные виды неисправностей и причины отказов в АС и головках громкоговорителей, способы их отыскания и устранения.

Даны рекомендации по подключению и согласованию АС с трактом звуковоспроизведения.

Для широкого круга специалистов, студентов соответствующего профиля, радиолюбителей.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ.
Справочник.
Объем 22 уч.-изд. л.

Приведены данные о габаритных размерах, электрических параметрах, предельно допустимых значениях выпрямительных полупроводниковых диодов, диодных сборок, матриц, варикапов, универсальных, импульсных и туннельных диодов. Даны их зарубежные аналоги.

Для широкого круга специалистов, студентов соответствующего профиля, радиолюбителей.

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.

Справочное пособие.

Объем 10 уч.-изд. л.

Изложены вопросы комплектования электроустановок средствами их защиты. Освещены положения, связанные с обеспечением электробезопасности при эксплуатации электроустановок потребителями электроэнергии с разъяснением отдельных положений Правил и норм и системы стандартов безопасности труда (ССБТ), даны практические рекомендации.

Приводятся основные меры защиты от поражения током и меры первой доврачебной помощи пораженному током.

Для электромонтеров, обслуживающих электроустановки во всех отраслях хозяйства, учащихся средних технических заведений, лиц, осуществляющих энергетический надзор.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЗАРУБЕЖНЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.

Объем 20 уч.-изд. л.

В книге детально рассмотрены вопросы технического обслуживания ремонта и регулировок отдельных узлов наиболее используемых марок автомобилей: «вольво», «БМВ», «мерседес», «фольксваген», «оппель» и др.

Приведены основные неисправности, устройство и техническое обслуживание, регулировочные работы по двигателю и его системам, трансмиссии, ходовой части, рулевому и тормозным механизмам, электрооборудованию, системам освещения и сигнализации, дополнительному электрооборудованию кузова и салона.

Даются основные типы топливо-смазочных материалов, специальных жидкостей и их заменителей, а также основные данные для контроля и регулировок.

Для автолюбителей, эксплуатирующих зарубежные легковые автомобили, а также работников, связанных с их ремонтом и реализацией.